

DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA
ACUOTUBULAR MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN CONTROLADOR
PROGRAMABLE

OSCAR EDUARDO VÉLEZ HENAO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2006

DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA
ACUOTUBULAR MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN CONTROLADOR
PROGRAMABLE

OSCAR EDUARDO VÉLEZ HENAO

Pasantía para optar el título de Ingeniero Mecatrónico

Director
ADOLFO ORTIZ ROSAS
Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2006

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento con los resultados exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

Ing. JIMMY TOMBÉ ANDRADE

Jurado

Ing. JUAN CARLOS MENA

Jurado

Santiago de Cali, 19 de Diciembre de 2006

AGRADECIMIENTOS

Especialmente se agradece a las empresas involucradas en el proyecto: Colmáquinas Construcciones S.A., Kamati Ltda., Siemens de Colombia y DPA Colombia, sus ingenieros y colaboradores que de uno u otro modo contribuyeron al desarrollo integral de la propuesta y a los docentes de la Universidad Autónoma que a lo largo de cinco años fortalecieron las mis ligas del conocimiento.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	15
1. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DEL DISEÑO CONCURRENTE PARA EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FINAL DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA CALDERA	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2 MARCO TEORICO	20
1.2.1 Caldera Acuotubular – Colmáquinas Construcciones S.A.	21
1.2.2 Controlador del Quemador de caldera – LAMTEC – OERTLI Induflame	23
1.2.3 PLC con sus respectivos módulos de entradas y salidas análogas y digitales, fuente y comunicaciones – Siemens S7-300	34
1.2.4 Software de desarrollo de estrategias de control – STEP 7	37
1.2.5 Software de desarrollo de HMI industrial – Protool Pro, para configuración del Panel Operador – Siemens OP 270 – 10”	41
1.2.6 Normatividad para la obra: RETIE, SAMA, IEC	46
1.2.7 Comunicaciones Industriales: Profibus DP, CAN Open, MPI	54
1.3 ANTECEDENTES	71
1.4 JUSTIFICACIÓN	73
1.5 METODOLOGÍA	78
1.6 PROCESO DE PLANIFICACIÓN	80
1.6.1 FASE 1: Programación del Desarrollo	81
	81

	Pág.
1.7 PROCESO DE DESARROLLO CONCEPTUAL	115
1.7.1 FASE 2: Desarrollo Conceptual – Ingeniería Básica	115
1.8 PROCESO DE DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA	152
1.8.1 FASE 3: Diseño a nivel de Sistema	152
1.9 PROCESO DE DISEÑO DETALLADO	168
1.9.1 FASE 4: Diseño Detallado – Ingeniería de Detalle	168
1.10 PROCESO DE REFINAMIENTO	198
1.10.1 FASE 5: Pruebas y Refinamiento	198
2. ESTUDIO DE LAS GENERALIDADES DE LA CALDERA ACUOTUBULAR DE DPA Y LAS VARIABLES QUE SE DEBEN DE TENER EN CUENTA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO DE LA MISMA	206
2.1 GENERALIDADES DE CALDERA ACUOTUBULAR – DPA COLOMBIA	206
2.1.1 Estudio de Requerimientos del Cliente	206
2.1.2 Características de la Caldera Acuotubular – DPA Colombia	207
2.1.3 Sensores de Campo Caldera Acuotubular – DPA Colombia	208
3. REALIZACIÓN DE HMI PARA EL MONITOREO Y MANDO DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA APLICACIÓN PROTOOL PRO PARA SER OPERADO DESDE UN PANEL OPERADOR OP270-10” PARA LA CALDERA ACUOTUBULAR	209
3.1 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA	209
3.1.1 Premisas de Pantallas	209
3.1.2 Distribución de Pantallas de Proceso	212
3.1.3 Presentación de Pantallas	214

	Pág.
4. ESQUEMA DE CONTROL DE PROCESO EN LA APLICACIÓN INDUSTRIAL STEP7 DE SIEMENS PARA EL CONTROL DE LA CALDERA ACUOTUBULAR	221
4.1 CONTROL DE PROCESO CON SIMATIC STEP 7	221
4.1.1 Lenguajes de Programación	221
4.1.2 Estrategias de Control	222
5. DESARROLLO DE MANUAL DE USUARIO CONSECUENTE CON EL DESARROLLO DE SISTEMA SUPERVISORIO Y DE CONTROL DE LA CALDERA ACUOTUBULAR	223
5.1 MANUAL DE USUARIO	223
5.1.1 Aspectos de Diseño	223
5.1.2 Proceso de capacitación al usuario final	224
6. INGENIERÍA DE INTEGRACIÓN ENTRE PLC, HMI Y EL CONTROLADOR DEL QUEMADOR DE LA CALDERA ACUOTUBULAR	230
6.1 INGENIERÍA DE INTEGRACIÓN	231
6.1.1 Partes involucradas	231
6.1.2 Desarrollo de la Ingeniería de Integración	232
7. CONCLUSIONES	236
8. RECOMENDACIONES	240
BIBLIOGRAFÍA	242
ANEXOS	244

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sistema de Diagrama de control de la norma SAMA	57
Tabla 2. Símbolos de procesamiento de señales de la norma SAMA	58
Tabla 3. Símbolos de procesamiento de señales de la norma SAMA	59
Tabla 4. Símbolos de procesamiento de señales de la norma SAMA	60
Tabla 5. Planteamiento de la Misión	94
Tabla 6. Importancia relativa de las necesidades del cliente	105
Tabla 7. Métricas	106
Tabla 8. Bechmarking Competitivo	110
Tabla 9. Satisfacción de necesidades en productos competidores	111
Tabla 10. Especificaciones Preliminares	113
Tabla 11. Listado I/O del sistema	124
Tabla 12. Matriz de Tamizaje de Conceptos	148
Tabla 13. Promedio ponderado de criterios	149
Tabla 14. Matriz de evaluación de conceptos	150
Tabla 15. Especificaciones Finales	151
Tabla 16. Enlace físico de arquitectura	173
Tabla 17. Planteamiento de la Misión Manual de Usuario	224

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Caldera Acuotubular	28
Figura 2. Interior de Calderas	29
Figura 3. Interior de Calderas	29
Figura 4. Esquema de Proceso de Caldera Acuotubular	31
Figura 5. Apariencia Física Controlador Lamtec	35
Figura 6. Arquitectura de Conexión del Kom Processor para el Lamtec	36
Figura 7. PLC S7300 – CPU 315-2DP	41
Figura 8. Tareas básicas para la programación en Step7	43
Figura 9. Apariencia de la programación en Protool/Pro CS	47
Figura 10. Panel de Operador Siemens OP270 de 10,4"	48
Figura 11. Layout de OP270 de 10"	54
Figura 12. Elementos fundamentales del estándar IEC 1131-3	62
Figura 13. Modelo de Software con IEC 61131-3	63
Figura 14. SFC en IEC 61131-3	66
Figura 15. Programación en diversos lenguajes en norma IEC	68
Figura 16. Esquema de Normatividad para el desarrollo de Software con IEC	69
Figura 17. Esquema del Quemador Oertli diseñado para Caldera DPA Colombia	122
Figura 18. Caja Negra	136
Figura 19. Descomposición Funcional	138
Figura 20. Acopio Señales OP270	139
Figura 21. Acopio Señales LAMTEC	140
Figura 22. Interfase comunicaciones HMI	140

	Pág.
Figura 23. Interfase comunicaciones LAMTEC	141
Figura 24. Estación de Control - Procesamiento datos	141
Figura 25. Mandos a PLC	142
Figura 26. Navegación de Pantallas	142
Figura 27. Combinación de Conceptos	145
Figura 28. Pantalla de Confirmación de Paro	159
Figura 29. Clasificación del Producto	162
Figura 30. Valoración del DI para la Ergonomía	163
Figura 31. Valoración del DI para la Estética	164
Figura 32. Interacciones Fundamentales	165
Figura 33. Interacciones Individuales	166
Figura 34. Modularidad	167
Figura 35. Arquitectura de Sistema	172
Figura 36. Configuración Arquitectura Simatic Manager	174
Figura 37. Configuración Hardware de la Arquitectura Simatic Manager	175
Figura 38. Configuración HW Config.	176
Figura 39. Detalle de parametrización de espacios en memoria	177
Figura 40. Arquitectura de sistema en NetPro	178
Figura 41. Parametrización enlace a OP270	180
Figura 42. Editor de Símbolos Step7	184
Figura 43. Enlace de Variables de Periferia	190
Figura 44. Mandos a paneles de Motores	192
Figura 45. Pantalla Principal	194
Figura 46. Desaireador	195
Figura 47. Protocol Runtime y Simulator	201

	Pág.
Figura 48. Pantalla Principal	209
Figura 49. Estaciones de Control	210
Figura 50. Seguridad Quemador	210
Figura 51. Panel Motores	211
Figura 52. Caldera	211
Figura 53. Pantalla Principal HMI	212
Figura 54. Seguridad Caldera	214
Figura 55. Estación de Control 1	215
Figura 56. Estación de Control 6	215
Figura 57. Quemador	216
Figura 58. Tres de ACPM del Quemador	216
Figura 59. Economizador	217
Figura 60. Tendencias DOMO	217
Figura 61. Seguridad Quemador con ACPM	218
Figura 62. Caldera	218
Figura 63. Panel Motores	219
Figura 64. Desaireador	219
Figura 65. Alarmas de proceso	220
Figura 66. Paro de Emergencia	220

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Requerimientos del Cliente	244
Anexo 2. Manual de Usuario	249
Anexo 3. Tipos de calderas	265
Anexo 4. Datos técnicos OP270	276
Anexo 5. Listado equipos de control y potencia	279
Anexo 6. Cotización sensores de proceso	283
Anexo 7. Redes de Comunicaciones	298
Anexo 8. Caracterización de instrumentación y motores	303
Anexo 9. Especificaciones técnicas finales de la caldera	316

GLOSARIO

ESCLAVO: Es el equipo ligado al maestro de proceso en la arquitectura de control, que responde ante sus peticiones de monitoreo y/o mando.

ESTACIÓN DE CONTROL: la conforman los equipos destinados a realizar las estrategias de control de proceso, se disponen en microprocesadores y microcontroladores de diferentes fabricantes.

ESTACIÓN DE INGENIERÍA: nombre con el que se conoce al software sobre el PC con el que se programan y configuran las estaciones de control y supervisión

ESTACIÓN DE SUPERVISIÓN: nombre asignado a los elementos de campo destinados para interactuar con el usuario como interfases para realizar operaciones de monitoreo y mando de variables de proceso, se disponen en Paneles de operador gráficos, de texto, multipaneles, pantallas de PC, entre otros elementos con características similares.

GSD: archivos realizados por desarrolladores de diversos elementos de campo con comunicación Profibus, para poderse integrar a una estación de ingeniería y así a un sistema de control de otra marca.

HMI - Interfaz Hombre Máquina: siglas asignadas a elementos que permiten una interacción amigable entre el hombre y diferentes dispositivos de campo, como por ejemplo: Monitores, Paneles operadores, entre otros elementos.

MAESTRO DE PROCESO: nombre con el que se conoce a él o los controladores o paneles dentro de una arquitectura de redes de control industrial, que gobierna las acciones fundamentales del proceso

OP, OPERATOR PANEL: siglas utilizadas para denominar un panel operador industrial de indistinta índole. Para el caso del proyecto, se trata un OP 270 de 10" Siemens, lo que remite a un Panel operador con referencia 270 de la casa Siemens con una pantalla de 10 pulgadas de magnitud.

PERIFERIA: la periferia hace referencia a los elementos ligados al maestro de proceso, en este caso el PLC. En nuestro caso, para la pantalla las variables de periferia, son aquellas provenientes del PLC enmarcadas dentro de una Conexión establecida; comúnmente nombradas variables de periferia.

PLC, CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE: siglas que identifican a los controladores lógicos programables de diferentes casas desarrolladoras.

SCRIPTS: herramientas de programación asociadas a SCADAS industriales, para programar acciones por medio de variables internas y de periferia. Se generan por medio de la misma herramienta de desarrollo de HMI, para el caso de Protool y WinCC, con los preceptos de programación del software Visual Basic de la casa Microsoft Corporation. También es conocido como un lenguaje de macros.

RESUMEN

A través de este documento se muestra paso a paso el proceso de ingeniería básica, conceptual y de detalle para la optimización del funcionamiento de una Caldera Acuotubular de la empresa Colmáquinas Construcciones S.A., para las instalaciones de la compañía DPA Colombia, con el diseño y desarrollo concurrente de un HMI industrial y la programación de un controlador programable. El proceso de diseño se inicia con la búsqueda de las necesidades del cliente, las cuales son seleccionadas según su prioridad o viabilidad, para así descartar las de menor importancia o las que menos contribuyan en el diseño del producto. Las necesidades del cliente son la guía principal en el proceso de desarrollo de producto, determinando finalmente las características más especiales del mismo.

Una vez seleccionadas las necesidades del cliente se procede a hacer una selección de las unidades y métricas preliminares, basándose en dispositivos semejantes en el mercado o a través de los datos suministrados por el cliente. Con este enfoque se procede a generar conceptos o posibilidades de implementación en el dispositivo, por lo cual se continua con el estudio de cada uno de ellos para así descartar los menos viables por factores económicos, de tiempo de desarrollo, inviabilidades tecnológicas, entre otros o simplemente los que no se enfocan hacia el propósito final de dispositivo.

Una vez se encuentran los conceptos más prometedores se procede a probar cada uno de ellos, demostrando así cual de ellos es el que en realidad se ajusta al desarrollo definitivo del prototipo funcional final, para nuestro caso en particular se decidió implementar el concepto de programación de HMI en Protool Pro, con optimas prestaciones de confiabilidad, navegabilidad, estética y ergonomía, dado

por la navegación de subsistemas y esquemas de proceso para el monitoreo y mando de variables, en la medida que fue el concepto más prometedor y que mejores resultados arrojó durante el proceso de generación, selección y prueba de conceptos.

Se Denota que al momento de afianzar el producto en campo se hicieron variantes al concepto antes señalado, por ejemplo la cantidad de variables aumentó por nueva y/o variantes en la instrumentación de campo del sistema. Por ultimo se presenta el diseño detallado de la aplicación final y aspectos relativos a la puesta en marcha, cumpliendo así con los requerimientos del desarrollo y los propuestos para el proyecto.

En los capítulos siguientes se particulariza en los elementos de la plataforma de la ingeniería de integración, retomando factores de comunicación, configuración, adaptabilidad y demás requeridas entre la caldera, quemador, controlador de la caldera, autómatas, pantalla de proceso y sensores de campo para el logro de la integración.

Finalmente, se presenta la elaboración de un manual de usuario enfocado a la administración del sistema supervisorio y de control de proceso, diseñado con la visión de brindar un soporte ágil y puntual de las problemáticas más frecuentes en campo con este tipo de sistemas para el operario en turno.

INTRODUCCIÓN

Las soluciones que actualmente requiere la industria colombiana, están enfocadas al desarrollo de estrategias que aseguren índices de producción y costos óptimos para el proceso productivo. En este espacio, se encuentra la automatización como una de las más importantes herramientas técnicas de optimización de procesos y sistemas industriales.

En esta área existen diversas herramientas de uso multifuncional adaptables a casi cualquier tipo de proceso, de diferentes marcas, precios y alcances, variables que masifican su uso y combinación en procesos de integración de equipos distintos de diversas marcas, en miras a una automatización que este al alcance del usuario final.

Ahora, no sólo se piensa en un cerebro electrónico de proceso, concebido a partir de un autómatas programable, también se tienen en cuenta aspectos como el enlace con otros equipos similares en entornos de redes de control industrial e igualmente se diseñan sistemas con SCADAS industriales para su fácil dominio y apropiación, herramientas que se están convirtiendo día a día en las más flexibles, usadas y prácticas en el mercado.

Los Ingenios, al igual que las calderas, constituyen una de las más apasionantes escuelas de aprendizaje y puesta en práctica de las diversas ramas de la Ingeniería. Las aplicaciones más comunes que hoy en día se realizan, se enfocan en la optimización de proceso, por medio del alcance de puntos de eficiencia y del aprovechamiento de elementos de automatización Industrial. Comúnmente, las Calderas, eran elementos controlados por dispositivos de marcas especialmente diseñados para ello con una amplia trayectoria en este campo, en la actualidad,

con el estado del arte que presentan las empresas proveedoras de equipos y servicio en automatización, se están estandarizando tanto usos como marcas para distintos procesos como es el caso de las calderas, donde marcas como Siemens y Allen Bradley, que no incursionaban fuertemente en este campo con equipos para control de proceso genéricos, están impulsando el uso progresivo de sus tecnologías en espacios como este, gracias a la potencialidad, respaldo y aceptación que poseen sus equipos e integradores de marca.

Se presentan desarrollos en calderas donde se ostenta espacio para el ingreso de tecnologías para el desarrollo en la medida de la especialidad de proceso que aborden los equipos. Es el caso donde se deja la tarea de control de combustión y de llama (proceso de control más riguroso de una Caldera), en marcas especialistas en este proceso y por otra parte el control genérico de proceso de caldera, a reconocidas marcas de controladores que están dedicadas a ello en muchos otros distintos procesos industriales, gracias a elementos como: Estandarización de protocolos de comunicación, desarrollo de elementos con protocolo abierto, lenguajes de programación estandarizados, diseño de dispositivos genéricos para indistintas aplicaciones con estándares industriales, entre otros elementos que permiten una abierta conversación y postura en acuerdo entre distintas marcas y diseños.

Particularmente existen tres variables de proceso vitales en una caldera, la presión, la temperatura y el nivel del domo de trabajo. En la industria actual, estos son lazos que son regulados con controladores exclusivamente diseñados para ello en el común de los casos. La potencialidad aportada a los sistemas las brindan autómatas que poseen controladores como los PID para el logro de óptimos y confiables lazos de regulación, además de la permisividad de la implementación de diversas estrategias de control, para la adaptación y/o recepción de variables tanto análogas como digitales en diferentes rangos de

trabajo, entre otras especificaciones aplicables a diferentes tipos de soluciones. Gracias a la integración entre estrategias de control de proceso y la implementación de este tipo de controladores básicos para el mismo, se logran hacer desarrollos en Calderas sustentables y funcionales para las exigencias de proceso actuales

Para este proceso se ha identificado como objetivo general la realización de la ingeniería básica, conceptual y de detalle de un HMI para una *Caldera Acuotubular de Colmáquinas Construcciones S.A.* El proyecto es una parte de la Ingeniería de integración entre una Caldera, un Controlador de Quemador, un PLC S7300 y un Panel tipo PC industrial OP270.

Para el cumplimiento del Objetivo principal, se han trazado lineamientos específicos que se enmarcan dentro del estudio las generalidades de una Caldera Acuotubular y las variables que se deben tener en cuenta para el control y monitoreo del proceso de la misma, la implementación del método del Diseño Concurrente para el diseño y la implementación del sistema final, la realización un HMI para el monitoreo y mando de las variables de proceso en la aplicación Protool Pro para ser operado desde un panel operador OP270-10" de la marca Siemens, el estudio del esquema de control de proceso para el desarrollo, el diseño de la arquitectura para la Ingeniería de integración entre PLC, HMI, Caldera y el Controlador del Quemador de la Caldera Acuotubular.

Por el impacto que esta generando esta área de desarrollo y el campo de acción que se vislumbra para el Ingeniero Mecatrónico, se presenta la siguiente propuesta para su estudio y consideración, para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico.

1. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DEL DISEÑO CONCURRENTE PARA EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FINAL DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA CALDERA

En el presente capítulo se plantea el problema, se reconocen los elementos característicos sobre los cuales se desarrolla el marco teórico, se esbozan los antecedentes de este tipo de aplicaciones sobre los cuales se sedimenta la justificación de la realización del proyecto para finalmente dar inicio a la metodología de desarrollo del diseño concurrente del producto mecatrónico.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Colmáquinas Construcciones S.A., requiere el desarrollo de la ingeniería de integración entre un PLC Siemens S7- 300 y una caldera acuotubular diseñada y construida por ellos para DPA Colombia Ltda. – Valledupar / Colombia, caso para el cual Kamati Ltda., presenta una cotización, la cual es aceptada y contratada por Colmáquinas.

Para el desarrollo del presente, Kamati requiere soporte de un estudiante de Ingeniería Mecatrónica en pasantía, para apoyar la labor del Ingeniero de Proyectos en el desarrollo de las distintas gestiones de ingeniería de integración que estarían bajo el mando del Ingeniero de Proyectos y desarrolladas por el estudiante en pasantía.

La ingeniería de integración constará de:

- Asistencia en el desarrollo de la ingeniería de integración necesaria y el día a día del proyecto.
- Acogida de elementos de programación para el control, en el Software Step 7 de Siemens.
- Desarrollo del HMI en el software Protocol Pro de Siemens.
- Enlace de Variables de proceso entre el HMI y la estrategia de control para la funcionalidad del sistema.

El sistema final deberá poseer un control de proceso visible y ajustable por medio de la interacción entre el PLC y un panel operador Siemens OP270 - 10", con sus correspondientes manuales de operación.

Los equipos Siemens de desarrollo se encuentran en el stock de DPA Colombia. En la medida del desarrollo de la ingeniería básica se deberá determinar si son suficientes y/o capaces de realizar el objetivo propuesto para el sistema.

1.2. MARCO TEORICO

La automatización industrial es uno de los campos de mayor aplicación para el desarrollo de los presentes y los futuros ingenieros. El presente proyecto se enfoca en el marco de la apropiación de recursos de la electrónica y la informática para automatizar una Caldera Acuotubular.

La plataforma para el marco teórico se hará con los elementos de la ingeniería de Integración entre los presentes equipos de trabajo:

- 1.2.1. Caldera Acuotubular – Colmáquinas Construcciones S.A
- 1.2.2. Controlador del Quemador de caldera – LAMTEC – OERTLI Induflame
- 1.2.3. PLC con sus respectivos módulos de entradas y salidas análogas y digitales, fuente y comunicaciones – Siemens S7-300
- 1.2.4. Software de desarrollo de estrategias de control – STEP 7
- 1.2.5. Software de desarrollo de HMI industrial – Protool Pro, para configuración del Panel Operador – Siemens OP 270 – 10"
- 1.2.6. Normatividad para la obra: RETIE, SAMA, IEC
- 1.2.7. Comunicaciones Industriales: Profibus DP, CAN Open, MPI

Según los elemento de trabajo se presentan los siguientes conocimientos base para la integración:

1.2.1 Caldera Acuotubular. Iniciaremos conociendo las raíces del término caldera, historia, funcionamiento y las generalidades de este tipo de Calderas. En los anexos se podrán encontrar los diversos tipos de calderas y especificaciones particulares.

- Introducción e Historia. Las calderas son dispositivos utilizados para calentar agua o generar vapor a una presión superior a la atmosférica. Las calderas se componen de un compartimiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se calienta y/o convierte en vapor.

La historia remonta que la primera mención de la idea de utilizar vapor para obtener energía aparece en el texto "*La pneumática*", del inventor y matemático griego Herón de Alejandría, en el siglo I. Allí describió su *eolípilo*, una turbina de vapor que consistía en una caldera conectada mediante dos tubos a los polos de una esfera hueca que podía girar libremente. La esfera estaba equipada con dos boquillas biseladas por donde salía vapor que producía la rotación de la esfera. Se han encontrado otras referencias en trabajos de la edad media y del renacimiento, pero no parece que se hayan construido dispositivos prácticos hasta que el arquitecto e inventor italiano Giovanni Branca diseñó una caldera que expulsaba vapor, el cual empujaba unas paletas que sobresalían de una rueda, haciéndola girar.

La primera máquina de vapor, construida por el ingeniero inglés Thomas Savery en 1698, consistía en dos recipientes de cobre que se llenaban alternativamente del vapor de una caldera. La máquina de Savery se utilizaba para extraer agua de las minas, como la desarrollada en 1705 por el inventor británico Thomas Newcomen.

El inventor escocés James Watt mejoró la máquina de Newcomen e introdujo el primer avance significativo de la caldera, el recipiente esférico o cilíndrico que se calentaba por abajo con una hoguera. La caldera de Watt, construida en 1785, consistía en un armazón horizontal cubierto de ladrillo con conductos para dirigir los gases calientes de la combustión sobre la caldera. Watt, uno de los primeros ingenieros que aprovechó las propiedades termodinámicas del vapor de agua, utilizó la válvula de seguridad de palanca, manómetros para medir la presión y grifos para controlar el flujo de agua y vapor en sus calderas.

Inicialmente se conocían las Calderas de Tubos de Humo o Semitubulares, que se dieron paso con máquinas diseñadas por Savery, Watt y Newcomen, las cuales trabajaban a presiones sólo un poco superiores a la atmosférica. En 1800 el inventor estadounidense Oliver Evans construyó una máquina de vapor a alta presión utilizando una precursora de la caldera semitubular. La caldera de Evans consistía en dos armazones cilíndricos, colocados uno dentro del otro, con agua entre ambos. La parrilla y los conductos estaban alojados en el cilindro interior para permitir un rápido aumento de la presión del vapor. De forma simultánea pero independiente el ingeniero británico Richard Trevithick desarrolló una caldera similar que se utilizó en Cornualles. La primera mejora sustancial de las calderas de Evans y Trevithick fue la caldera Lancashire, patentada en 1845 por el ingeniero británico William Fairbairn, en la cual los gases calientes de la combustión se conducen a través de tubos insertados en el contenedor de agua, lo que aumenta la superficie por la que el calor puede ser transmitido. Las calderas semitubulares tenían limitaciones de capacidad y presión, además de reventar en ocasiones.

Con la venida de otro tipo de Calderas, en las tubulares la presión permaneció limitada hasta el primer diseño viable de la caldera tubular, patentada en 1867 por los inventores estadounidenses George Herman Babcock y Stephen Wilcox. En la

caldera tubular el agua recorría unos tubos calentados por gases de la combustión y el vapor se acumulaba en un tambor. Esta disposición aprovechaba el calor de convección de los gases y el calor radiante del fuego y las paredes de la caldera. La amplia aplicación de la caldera tubular se hizo posible en el siglo XX con adelantos como las aleaciones de acero de alta temperatura y las técnicas modernas de soldadura, que convirtieron la caldera tubular en el modelo de las grandes calderas.

Las modernas calderas tubulares pueden operar a presiones de 340 atm y generar más de 4.000 toneladas de vapor por hora. Dado que la temperatura de combustión puede superar los 1.650 °C, el flujo de agua se controla mediante circulación simple o forzada. Con la utilización de los llamados supercalentadores, las calderas modernas pueden alcanzar un 90% de rendimiento del combustible. Los precalentadores calientan el aire que entra con los gases de la combustión que se descargan al conjunto; los precalentadores de agua utilizan los gases de los conductos para calentar el agua antes de introducirla en la caldera. El control de las corrientes y el tratamiento químico del agua para evitar la deposición de óxidos y la corrosión también contribuyen a la eficiencia del funcionamiento.

- Generalidades. Las calderas de vapor, básicamente constan de 2 partes principales:
- Cámara de agua. Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera. El nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cms. por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua. Según la razón que existe entre la capacidad de

la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua.

Las calderas de gran volumen de agua son las más sencillas y de construcción antigua. Se componen de uno a dos cilindros unidos entre sí y tienen una capacidad superior a 150 H de agua por cada m² de superficie de calefacción.

Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual aumenta la superficie de calefacción, sin aumentar el volumen total del agua.

Las calderas de pequeño volumen de agua están formadas por numerosos tubos de agua de pequeño diámetro, con los cuales se aumenta considerablemente la superficie de calefacción.

Como características importantes podemos considerar que las calderas de gran volumen de agua tienen la cualidad de mantener más o menos estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero tienen el defecto de ser muy lentas en el encendido, y debido a su reducida superficie producen poco vapor. Son muy peligrosas en caso de explosión y poco económicas.

Por otro lado, la caldera de pequeño volumen de agua, por su gran superficie de calefacción, son muy rápidas en la producción de vapor, tienen muy buen rendimiento y producen grandes cantidades de vapor. Debido a esto requieren especial cuidado en la alimentación del agua y regulación del fuego, pues de faltarles alimentación, pueden secarse y quemarse en breves minutos.

- Cámara de vapor. Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua que lleve una suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

- Calderas Acuotubulares. Las calderas acuotubulares conocidas por el contenido de agua en el interior de los tubos, se encuentran clasificadas dentro de las de pequeño volumen de agua. Desde la antigüedad, eran usadas en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales, logrando con un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor, para accionar las máquinas a vapor de principios de siglo [13].

En estas calderas, los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja. Originalmente estaban diseñadas para quemar combustible sólido.

La producción del vapor de agua depende de la correspondencia que exista entre dos de las características fundamentales del estado gaseoso, que son la presión y la temperatura. A cualquier temperatura, por baja que esta sea, se puede vaporizar agua, con tal que se disminuya convenientemente la presión a que se encuentre sometido dicho líquido, y también a cualquier presión puede ser vaporizada el agua, con tal que se aumente convenientemente su temperatura.

- Tipos de calderas acuotubulares. Un ejemplo de estas calderas es la caldera acuotubular STEINMÜLLER de la figura 1. Estas calderas mixtas o intermedias,

tienen tubos adosados a cajas, inclinados sobre el hogar y un colector cilíndrico grande encima, llamado domo o cuerpo cilíndrico, en donde se produce la separación del agua y el vapor. Además el vapor que se obtiene puede ser húmedo o seco, haciéndolo pasar por un sobrecalentador.

Figura 1. Caldera Acuotubular



Fuente: ALBERT, Kohan L., Manual de Calderas. 2 ed.: McGraw-Hill, 1996. p. 105

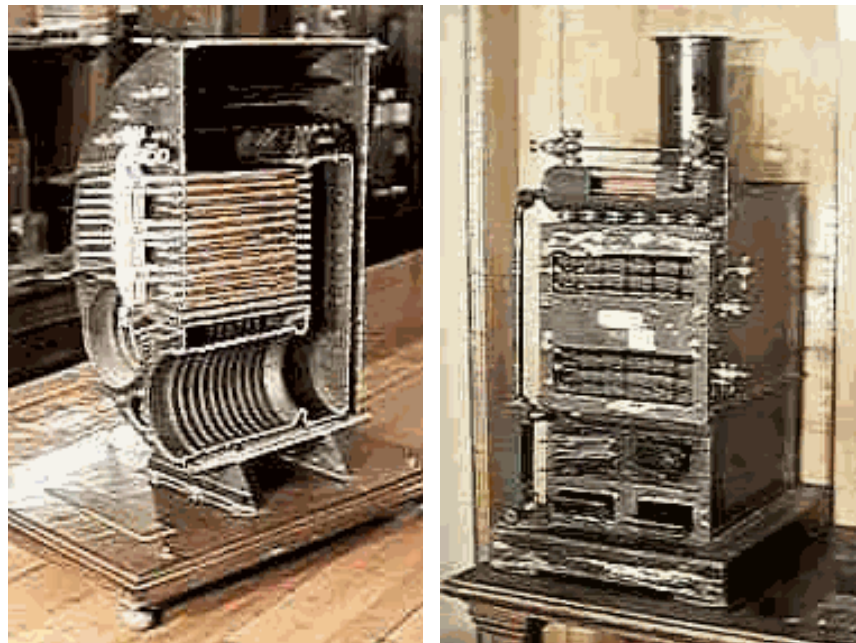
La producción de vapor de estas calderas es de unos 1500 kg/hora cada una, a una presión de régimen de 13 atm. absolutas y 300°C de temperatura. Desde su construcción estaban preparadas para quemar carbón, pero en el año 1957 el Prof. Lorenzo Lambruschini con la ayuda de sus alumnos, le incorporó sopladores y quemadores para combustibles líquidos.

En general los tubos son la parte principal de la caldera, y dos o tres accesorios llamados colectores, en donde se ubican las válvulas de seguridad, termómetros, tomas de vapor, entrada de agua, etc.

A lo largo de los últimos 50 años, el concepto sobre el que se basa el proyecto de los generadores de vapor, ha sufrido cambios fundamentales como consecuencia de las innumerables investigaciones que permitieron conocer los procesos de la combustión, transmisión del calor, circulación del agua y de la mezcla agua-vapor y del acondicionamiento del agua de alimentación. Las calderas se construyen en una amplia variedad de tamaños, disposiciones, capacidades, presiones, y para aplicaciones muy variadas.

La caldera de la derecha – figura 3 – tiene un hogar con dos entradas para ingreso del combustible sólido, con los tubos hervidores horizontales y domo frontal superior, con las válvulas de seguridad incorporadas. Es para una presión de unas 30 atm. y una temperatura de unos 400 ° C.

Figura 2 y Figura 3. Interior de Calderas



Fuente: ALBERT, Kohan L., Manual de Calderas. 2 ed.: McGraw-Hill, 1996. p. 107

En las calderas anteriores, la figura 2 en cambio, es del tipo humotubular altamente reforzada, con tubos sobrecalentadores en los mismos conductos de humo, preparada para combustible líquido o gaseoso, y aplicaciones navales

- Otros tipos de calderas acuotubulares. Las calderas de vapor verticales acuotubulares marca OLMAR, están formadas por un tubo de gran diámetro en su interior al que se acoplan una serie de colectores por los que circula el agua. Este tipo de calderas permiten una muy fácil accesibilidad a su interior y están especialmente diseñadas para pequeñas industrias tales como tintorerías, lavanderías, lácteos, panaderías.

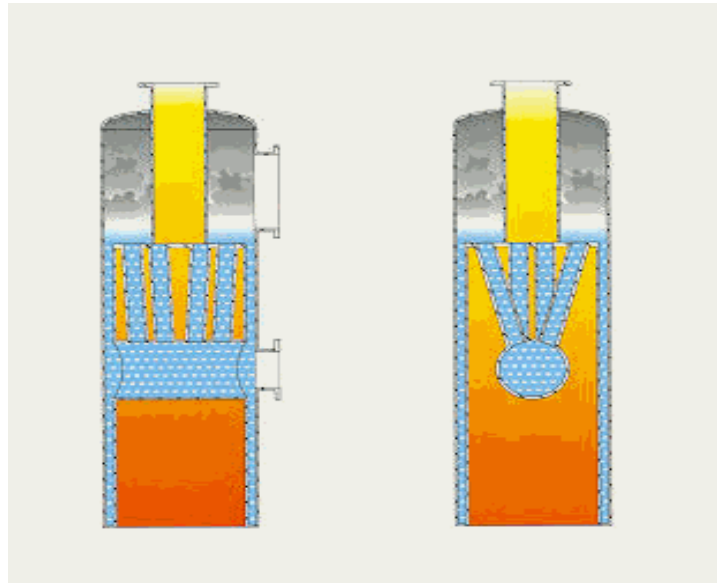
Las calderas verticales OLMAR – Figura 4 –, se construyen con producciones que varían desde la obtención de 70 Kg/h hasta 1.200 Kg/h y a unas presiones comprendidas entre 2 y 14 Kg/cm². Se utilizan distintos tipos de combustibles, pero no solo los líquidos, sino que las calderas verticales OLMAR, permiten la construcción de hogares especiales para combustibles sólidos, tales como orujillo, madera, e incluso en algunos casos se fabrican con hogares mixtos para combustibles sólidos-líquidos.

Ventajas

- La Caldera de tubos de agua tiene la ventaja de poder trabajar a altas presiones dependiendo del diseño hasta 350 psi.
- Se fabrican en capacidades de 20 HP hasta 2,000 HP.
- Por su fabricación de tubos de agua es una caldera "INEXPLOSIBLE".
- La eficiencia térmica está por arriba de cualquier caldera de tubos de humo, ya que se fabrican de 3, 4 y 6 pasos dependiendo de la capacidad.
- El tiempo de arranque para producción de vapor a su presión de trabajo no excede los 20 minutos.

- Los equipos son fabricados con materiales que cumplen con los requerimientos de normas.
- Son equipos tipo paquete, con todos sus sistemas para su operación automática.
- Son utilizados quemadores ecológicos para combustóleo, gas y diesel.
- Sistemas de modulación automática para control de admisión aire-combustible a presión.

Figura 4. Esquema de Proceso de Caldera Acuotubular



Fuente: ALBERT, Kohan L., Manual de Calderas. 2 ed.: McGraw-Hill, 1996. p. 110

El vapor que produce una caldera de tubos de agua es un vapor seco, por lo que en los sistemas de transmisión de calor existe un mayor aprovechamiento. El vapor húmedo producido por una caldera de tubos de humo contiene un porcentaje muy alto de agua, lo cual actúa en las paredes de los sistemas de transmisión como aislante, aumentando el consumo de vapor hasta en un 20%.

- Características Caldera Acuotubular de Colmáquinas. La Caldera es un diseño exclusivo de Colmáquinas Construcciones para una empresa filial de Nestle, ubicada en la ciudad de Valledupar denominada DPA Colombia S.A.

La Caldera Acuotubular posee una capacidad de 33.000 Libras hora de producción de vapor de calidad Saturado. Su producción será integrada a la línea de calderas de la planta, con las características de ser la quinta en la serie, la de mayor capacidad y la de nivel de control automático muy superior.

Su producción se enfoca con el consumo de dos tipos de combustible: el Fuel Oil – FO2, y el Gas natural. El control de llama es una tarea específica de un quemador y un control de quema, típicamente diseñados para ello. El cerebro de la quema esta a cargo de un controlador Lamtec FMS5, y el quemador es un diseño de la casa Oertli Induflame. La principal características de este equipo de trabajo versa en la potencialidad de comunicación por medio de Profibus DP y en el cambio automático e instantáneo de combustible, correspondientemente .

El controlador de todo el proceso, esta a cargo de un PLC Siemens de la familia S7 300, el cual pone de acuerdo los diversos accionamientos, según las diversas señales de campo, el controlador del quemador y el panel operador. El monitoreo y mando esta a cargo de un PC industrial, donde habita un sistema supervisorio para toda la caldera dividido en subprocesos para su mejor acopio y mando.

La selección de la instrumentación de campo para la caldera, hace parte del diseño de Colmáquinas, DPA se encarga de suministrarla, y Kamati de integrarlos a los módulos de entradas análogas o digitales y posteriormente a la programación para el control.

En los anexos se podrá encontrar un layout del diseño de la caldera, suministrado por el fabricante y las especificaciones finales de la obra por cortesía de Colmáquinas.

1.2.2 Controlador del Quemador de caldera. Las Calderas son elementos de alto cuidado en la industria en la medida de la importancia de su correcto y seguro funcionamiento, por el índice de accidentalidad que puede representar con un error de manipulación, de control o factores externos.

Para ello, la medida inicial que asumen los diseñadores es la instalación de un controlador de proceso dedicado a la labor desempeñada por el Quemador de la caldera, asumiéndolo como un sistema de regulación independiente que administra en modo confiable la tarea desempeñada por el quemador.

Realmente es el maestro de proceso de quema, dada la importancia de la labor se suma a la gestiones de control desempeñadas por el PLC, intercambiando sus estados con el mismo, para realimentar la acción de las demás buclas de control y regulación y sistema de supervisión de la implementación.

Es uno de los elementos de la integración que se tiene en cuenta en el desarrollo de la arquitectura en la medida de la importancia de los datos que arroja. Para ello se debe tener presente que se requiere un enlace confiable con capacidad de gestión ampliada.

El controlador recibe señales de campo para efectuar su labor de rutina de arranque, funcionamiento normal y rutina de parada. Principalmente, las estrategias de control implementadas en el controlador se refieren al control de regulación fina de combustible hacia el quemador, el control de los trenes de aire y

combustible y encendido y apagado del quemador con condiciones seguras de funcionamiento.

En la siguiente figura 5, se muestra la apariencia física del producto:

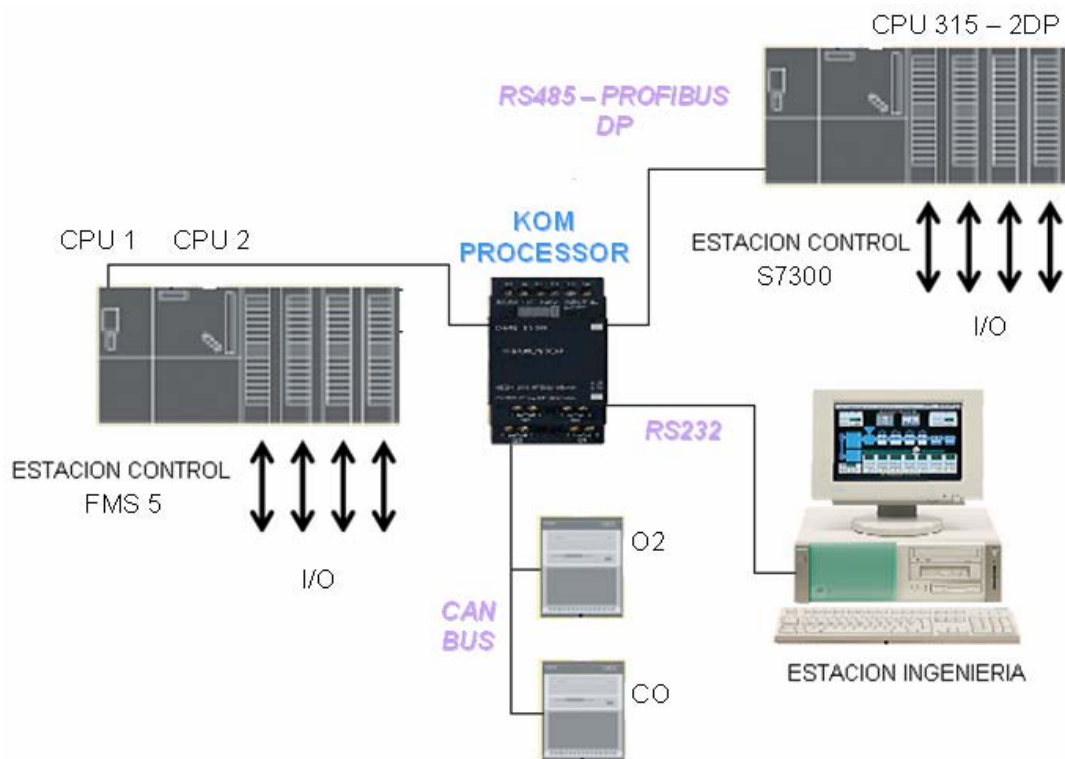
Figura 5. Apariencia Física Controlador Lamtec



Fuente: Catalogo de producto de la firma Lamtec, articulo electrónico con referencia 3.1.1.2_FMS-Combi-DLT6079-03-aE-0066-prt.pdf, entregado por el fabricante del producto al comprador.

Las rutinas y condiciones de funcionamiento son diseño exclusivo del fabricante y su acceso, por condiciones intrínsecas de seguridad con las que fue diseñado el equipo, es restringido. Se puede acceder a todos los parámetros de operación segura actuales y todo su listado de fallas y alarmas de sistema por medio del enlace Profibus o Modbus dentro de la red de control destinada para ello. Sus características de enlace, señales de campo adquiridas, mandos, entre otros se especifican en la figura 6.

Figura 6. Arquitectura de Conexión del Kom Processor para el Lamtec



Fuente: Desarrollo Propio

La parametrización se realiza por medio de una estación de ingeniería por medio del puerto serial RS-232 como se aprecia en la figura 6, con un software especialmente dispuesto para ello, por un representante de la marca, en este caso

el Ing. Roland Hass de la firma Zuiza Oertli Induflame, quien asistió el proyecto desde el diseño hasta la puesta en marcha con su visita en campo para la programación y arranque de la estación.

El equipo posee un contacto directo con el quemador Oertli Induflame de la caldera, incidiendo su acción regulatoria sobre las entradas al sistema de quema: aire y combustible, realimentándose de los estado de proceso con sensores de campo dispuestos especialmente para tareas de detección de llama, temperatura, analizador de oxígeno, entre otros factores relevantes para la satisfactoria y confiable realización del proceso de quema.

Las especificaciones técnicas del controlador, datos característicos, datos de construcción, rangos de operación, entre otros, se incluyen para el estudio en los anexos.

Las especificaciones técnicas del quemador, datos característicos, datos de construcción, rangos de operación, entre otros, se incluyen para el estudio en el anexo 8.

1.2.3 PLC Siemens S7-300. PLC de trabajo: capacidad, alcance, resolución, comunicación, programación y puesta en funcionamiento.

CARACTERÍSTICAS:

PLC S7 – 300 - CPU 315-2 DP

Utilizada para sistemas Maestro DP o esclavo DP, mediante su segunda interfase (interfase PROFIBUS–DP), se puede utilizar la CPU 315–2DP en una red PROFIBUS–DP como maestro DP o esclavo DP. Los siguientes son sus datos técnicos más relevantes.

A. Memorias

Memoria Central

Integrada:	64Kbytes
Ampliable:	No

Memoria de Carga

Integrada:	96Kbytes RAM
FEPRAM ampliable:	Hasta 4 Mbytes
RAM Ampliable:	No
Respaldo:	Sí
Con Pila	Todos los datos
Sin Pila	4736 datos

B. Tiempos del Procesamiento

Tiempos del Procesamiento para:

Operaciones Binarias:	min. 0.3 microsegundos
Operaciones de Palabras:	min. 0.1 microsegundos
Aritmética en coma fija:	min. 0.2 microsegundos
Aritmética en coma flota.:	min. 50 microsegundos

C. Tiempos/Contadores y su Remanencia

Contadores S7: 64

Remanencia Ajustable:	de Z0 a Z63
Preajustado:	de Z0 a Z7
Margen de Computo:	de 0 a 999

Contador IEC: Sí

Tipo:	SFB
-------	-----

Tiempo S7: 128

Remanencia Ajustable:	de T0 a T127
-----------------------	--------------

Preajustado:	Sin Temporizadores remanentes
Margen de Tiempo:	10ms a 9990s
Temporizador IEC:	Sí
Tipo:	SFB

D. Área de datos y su remanencia

Área de Datos remanente en total – marcas, contadores, tiempos: 4736 Bytes

Marcas:	2048
Remanencia Ajustable:	de MB0 a MB255
Preajustado:	de MB0 a MB15
Marcas de Ciclo:	8 – 1 bytes de Marcas
Bloques de Datos:	Max 255 – DB 0 Reservado
Capacidad:	Max 16 Kbytes
Remanencia Ajustable:	8DB, Máx 4096 Bytes de datos
Preajustado:	Sin Remanencia
Datos Locales:	No Ajustable, Máx 1536 Bytes
Según Prioridad	256 Bytes

E. Bloques

OB

Capacidad:	Máx 16 Kbytes
Profundidad de anidado	
Según Prioridad	8
Adicionales en OB error:	4

FB:	Máx 192
Capacidad:	Máx 16 Kbytes

FC:	Máx 192
-----	---------

Capacidad: Máx 16 Kbytes

F. Áreas de direccionamiento – Entrada/Salida

Áreas de direccionamiento de periferia Digital/Analógico

1Kbyte/1Kbyte direccionable discrecionalmente, todos descentralizados

Imagen de proceso – no ajustable - 128bytes/128bytes

Canales digitales

Máx 8.192 (menos 1 byte de dirección de diagnostico por cada esclavo DP)/8.192. Descentralizados máx 1024/1024

Canales analógicos

Máx 512 (menos 1 byte de dirección de diagnostico por cada esclavo DP)/512. Descentralizados máx 256/128

G. Configuración

Bastidor	Máx 4
Módulos por cada bastidor	Máx 8
Cantidad de maestros DP	Integrador 1
	A través de CP 1

La presente figura 7 muestra la apariencia del PLC de trabajo.

Figura 7. PLC S7300 – CPU 315-2DP



Fuente: CPU 315-2DP - Catálogo SIMATIC ST 70\st7001_s.pdf. [en línea]: Catálogo de producto. Munich: Siemens A.G. 1996, [Consultado 12 marzo 2006] disponible en Internet en www.siemens.com.

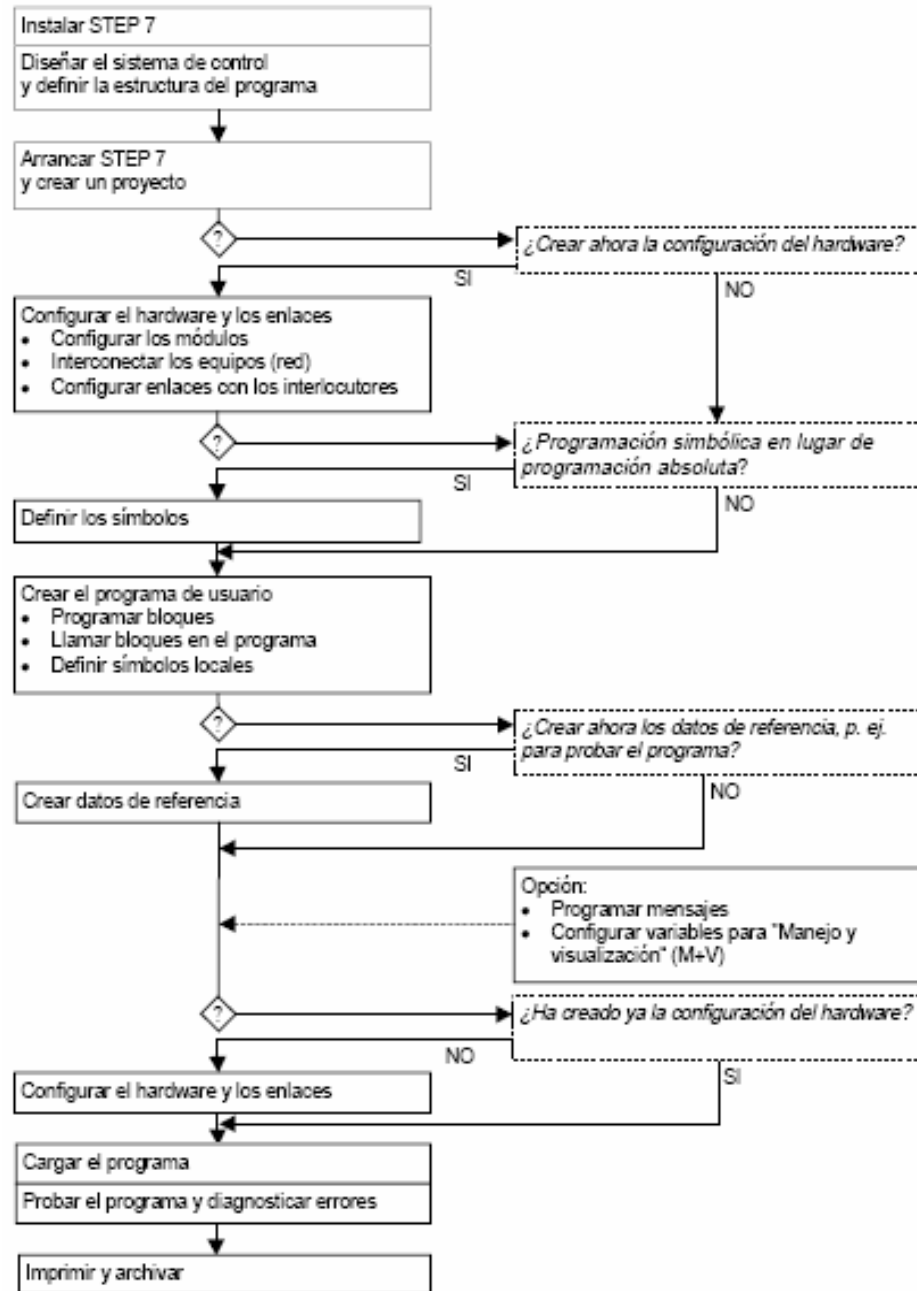
1.2.4 Software de desarrollo de estrategias de control – STEP 7. Presentación del producto:

- Guía de orientación de STEP 7. STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. STEP 7 forma parte del software industrial SIMATIC. El software estándar STEP 7 presenta las siguientes variantes:
- STEP 7-Micro/DOS y STEP 7-Micro/WIN para aplicaciones stand-alone sencillas en sistemas de automatización SIMATIC S7-200.

- STEP 7 para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 con funciones ampliadas:
 - Ampliable con los productos de software opcionales integrados en el Software Industrial SIMATIC.
 - Posibilidad de parametrizar bloques de función y de comunicación
 - Forzado y modo multiprocesador
 - Comunicación de datos globales
 - Transferencia de datos controlada por eventos con bloques de comunicación y de función
 - Configuración de enlaces

- Trabajos básicos. Al crear una solución de automatización con STEP 7 se deben realizar los trabajos que se describen a continuación. La siguiente figura 8 muestra las tareas básicas que se deben realizar en la mayoría de los proyectos, las cuales aparecen representadas en la figura en forma de organigrama. Ésta señala el camino fundamental a seguir en función de las tareas básicas de programación requeridas.

Figura 8. Tareas básicas para la programación en Step7



Fuente: Programar con STEP7.pdf. [en línea]: Catalogo de producto. Munich: Siemens A.G. 1996, [Consultado 12 marzo 2006] disponible en Internet en www.siemens.com.

Procedimientos alternativos. Como muestra la figura anterior, hay dos procedimientos alternativos:

- Configurar en primera instancia el hardware y programar luego los bloques, o bien
- Programar primero los bloques sin tener que configurar antes el hardware. Esto es especialmente recomendable cuando se deban realizar trabajos de mantenimiento, p.ej. al integrar bloques programados en un proyecto ya existente.

- Incorporación de temas especiales en la guía de orientación. A la hora de crear una solución de automatización hay diversos temas especiales que pueden ser de interés:

- Modo multiprocesador - Funcionamiento síncrono de varias CPUs (consulte también Modo multiprocesador - Funcionamiento síncrono de varias CPUs)
- Creación de un proyecto por un grupo de usuarios (consulte también Elaboración de proyectos por un grupo de usuarios)
- Trabajo con sistemas M7 (consulte también Procedimiento para sistemas M7)

- El software estándar STEP 7 - Estándares utilizados: Los lenguajes de programación SIMATIC integrados en STEP 7 cumplen con la norma DIN EN 6.1131-3. El software estándar se ejecuta bajo el sistema operativo Windows 95/98/NT/2000/XP, estando adaptado a su funcionamiento gráfico y orientado a los objetos.

- Funciones del software estándar. El software estándar le asiste en todas las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

- Crear y gestionar proyectos
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación

- Gestionar símbolos
- Crear programas, p.ej. para sistemas de destino S7
- Cargar programas en sistemas de destino
- Comprobar el sistema automatizado
- Diagnosticar fallos de la instalación

La interfase de usuario del software STEP 7 ha sido diseñada siguiendo los criterios ergonómicos más avanzados, lo que permite conocer rápidamente sus funciones. La documentación del software STEP 7 contiene la información completa en la Ayuda en pantalla y en los manuales electrónicos en formato PDF. En los anexos se dispone de una explicación de las herramientas más relevantes de la aplicación para la programación y la ingeniería de integración.

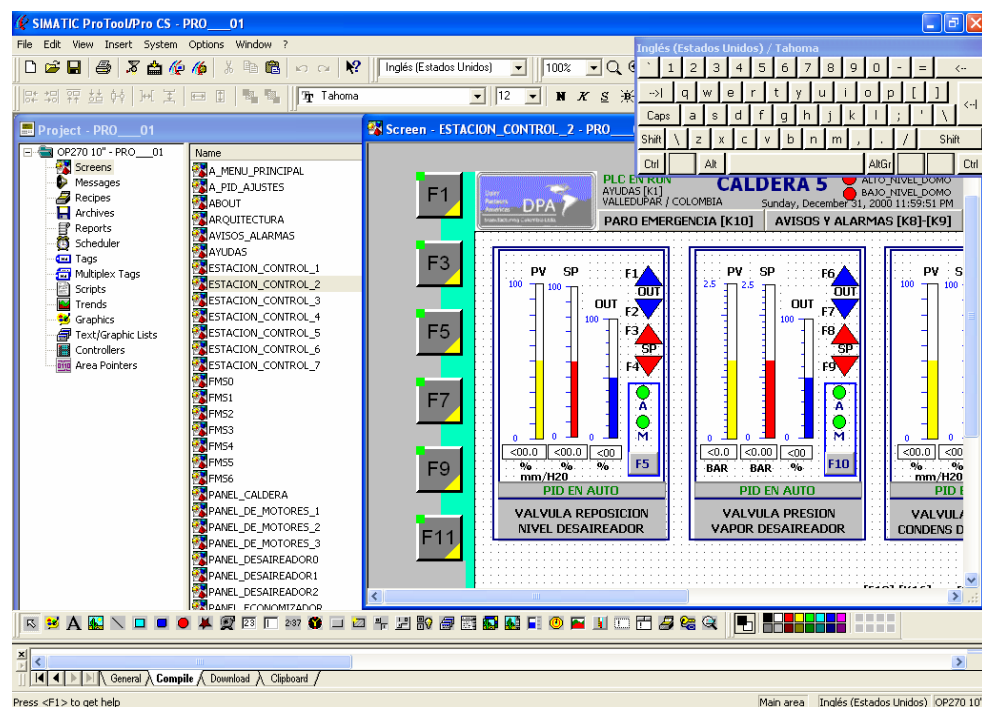
1.2.5 Software de desarrollo de HMI industrial – Protool Pro. Para la configuración del Panel Operador – Siemens OP 270 – 10”:

- Protool/Pro CS. El Software de desarrollo de HMI es uno varios creados por Siemens, Protool en su versión profesional, para configurar pantallas táctiles, de texto, de teclado, PC's Industriales, soluciones integradas de PLC y Pantallas, entre otros paneles estandarizados en las líneas de Siemens.

Es utilizado desde la creación del HMI, pasando por el enlace de variables internas y externas para el monitoreo y mando, hasta para la programación de tareas específicas de control. Es una herramienta utilizada frecuentemente en la industria para el diseño de esquemas flexibles enfocados al usuario final y al enlace de variables de control con otras marcas de controladores disponibles en el mercado, gracias a su estandarización de lenguaje de diseño normalizado. En la figura 9, se visualiza el aspecto de programación aportado por la herramienta de diseño de HMI industriales.

Se aprecia en la imagen las posibilidades de programación de pantallas, alarmas, scripts de proceso, tendencias, asignación de tags, diseño de gráficos, listas de texto, entre otras posibilidades de diseño y programación. En la parte superior se aprecia un teclado para insertar algunos elementos al diseño de HMI que no se encuentran en los teclados de las estaciones de desarrollo o para diseñar completamente aplicaciones con su uso. En la parte derecha se aprecia parte del diseño de una de las estaciones de control para la caldera, nótese que el fabricante de la herramienta, presupuesta para el diseño el uso de fondo según las características del panel de operador que se esta programando actualmente, con el objeto del uso directo de las herramientas de teclado del sistema de forma ágil y segura.

Figura 9. Apariencia de la programación en Protool/Pro CS

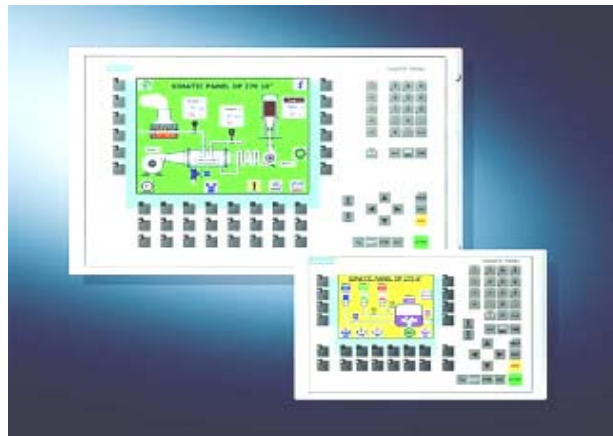


Fuente: Diseño Propio de pantallas de proceso, Fotografía del aspecto del programa de Protool/Pro CS

Actualmente, la herramienta promocionada por la casa alemana para el desarrollo de este tipo de HMI industriales, SCADAS e Interfases de usuario en general es WinCC, en sus versiones V6.0 y Flexible, para diferentes exigencias en versiones Advance, Professional, Micro, entre otras.

- Panel Operador: La computadora industrial utilizada para esta aplicación fue un Panel de operador con amplia funcionalidad para el monitoreo y mando de exigentes máquinas. Consiste en una Pantalla STN totalmente gráfica de 10,4", con 256 colores, denominada OP 270 10" por su fabricante Siemens. Principalmente consta de: 38 teclas de sistema, 36 teclas de función personalizables y rotulables (28 con LED). Posee todas las interfaces – p. ej. MPI, PROFIBUS DP, USB – integradas (Ver anexo 2); el enlace Ethernet esta catalogado igualmente como una de las opciones. Es conocido en el ámbito industrial como el SIMATIC OP 270 y como el sucesor perfeccionado del panel de operador SIMATIC OP27. La figura 10 muestra su aspecto externo.

Figura 10. Panel de Operador Siemens OP270 de 10,4"



Fuente: MANUAL_OP270.pdf. [en línea]: Catalogo de producto. Munich: Siemens A.G. 1996, [Consultado 12 marzo 2006] disponible en Internet en www.siemens.com.

- Beneficios. Parte integral de la línea de Siemens Totally Integrated Automation (TIA): Incremento de la productividad, minimización de la ingeniería, reducción de los costes de ciclo de vida

Ampliación modular con opciones como:

- WinCC flexible /Sm@rtAccess para la comunicación entre distintos sistemas SIMATIC HMI.
- WinCC flexible /Sm@rtService para mantenimiento y servicio técnico remotos de máquinas e instalaciones vía Internet/Intranet

Reducción de los costes de servicio técnico y puesta en marcha gracias a:

- Funciones backup/restore vía USB, MPI, PROFIBUS DP, RS 232 (serie) y, de forma opcional, vía Ethernet (TCP/IP) o tarjeta CF (Compact Flash Card).
- Carga/descarga remotas de la configuración y el firmware
- Drivers específicos instalables posteriormente
- Gran durabilidad de la retroiluminación

Librería gráfica con objetos gráficos preprogramados

Aplicable en todo el mundo:

- 32 idiomas configurables (incl. ideogramas asiáticos y caracteres cirílicos).
- Posibilidad de conmutar online hasta 5 idiomas

Interfaces hardware y software estándares para aumentar la flexibilidad:

- Tarjeta CF, utilizable para los juegos de datos de receta y para guardar la configuración y los datos de sistema.
- Puerto USB integrado para conexión y desconexión en caliente de aparatos periféricos (impresora, teclado, ratón, lector de códigos de barras).

- El formato de archivo estándar de Windows (CSV) en ficheros y recetas permite post-procesarlos con herramientas estándar (p. ej. MS Excel).
- Ethernet opcional (TCP/IP) para gestión centralizada de datos y proyectos. En caso de configurar con WinCC flexible, posible acoplamiento al SIMATIC S7.
- Gama de aplicación. Los paneles de operador OP 270 sirven para todo tipo de aplicaciones con manejo y visualización local de máquinas e instalaciones, tanto en la industria manufacturera como en la industria de procesos, al igual que en la automatización de edificios. Estos equipos se usan en los más diversos sectores y aplicaciones. Su funcionamiento sin disco duro ni ventilador, su capacidad de tiempo real así como su rápido tiempo de arranque permiten utilizarlos para funciones sofisticadas de visualización de máquinas en entorno industrial rudo.
- Construcción. Los siguientes ítems muestran los datos característicos de su construcción física:
 - Pantalla en color 10,4" (OP 270 10") tipo STN, 256 colores
 - Teclado de membrana: 38 teclas de sistema, 36 teclas de función personalizables y rotulables (28 con LED).
 - Diseño compacto con reducido calado
 - Robusta caja de inyección de aluminio (OP 270 10") en protección IP65/NEMA 4/NEMA 12 (frontal) o IP20 (lado posterior).
 - El frontal es resistente a los aceites, grasas y productos de limpieza usuales
 - Gran compatibilidad electromagnética y resistencia extrema a las vibraciones.
 - Bornes enchufables para conectar la alimentación de 24 V DC.
 - Puertos:
 - Puerto serie RS 232 y RS 485/422 para enlaces del proceso y para la descarga de la configuración (MPI y PROFIBUS DP hasta 12 Mbits/s).
 - RS 232 serie (impresora, carga/descarga).
 - USB para ratón, teclado, impresora y carga / descarga de la configuración.

- Ethernet opcional (TCP/IP) mediante tarjeta de red para el intercambio de datos con un PC de mayor jerarquía, para la conexión de una impresora de red y carga / descarga de la configuración. En caso de configurar con WinCC flexible, posible acoplamiento al SIMATIC S7.
- Slot para tarjeta CF (Compact Flash Card).

- Funciones. Algunas de las funciones más relevantes:

- Visualizar y cambiar parámetros de proceso.
- Teclas de función que sirven para activar directamente funciones y acciones. Es posible configurar simultáneamente hasta 16 funciones en teclas. Las teclas de función pueden usarse directamente como periferia de entrada PROFIBUS DP.
- Representación del proceso:
 - OP 270 10": resolución VGA (640 x 480 píxeles) con 256 colores para elementos gráficos.
 - Gráficos vectoriales (objetos diversos con líneas y superficies)
 - Posicionamiento dinámico y muestra/ocultación dinámica de objetos
 - Representación gráfica de imágenes, curvas y diagramas de barras.
 - Representación de hasta 8 curvas en un campo de curvas; funciones de pase de página y de zoom permiten acceder al historial y seleccionar con flexibilidad el período de representación; regla de lectura para determinar valores actuales y visualización en una tabla.
 - Extensas librerías de gráficos (SIMATIC HMI Symbol Library).
 - Objetos de imagen: barra de desplazamiento, medidor y reloj
 - Procesamiento cíclico de funciones mediante alarma cíclica
 - Función de multiplexado para variables.
- Sistema de alarmas
 - Administración de avisos de estado, de fallo y del sistema
 - Avisos de estado y fallo con historia de avisos

- Imagen, ventana y línea de alarmas preconfiguradas.
- o Archivo de avisos y valores de proceso (en tarjeta CF, opcional vía Ethernet)
- Diferentes tipos de ficheros: fichero circular y fichero secuencial
- Memorización de datos de fichero en formato Windows estándar (CSV)
- Evaluación en línea de ficheros de valores de proceso mediante curvas
- Posibilidad de evaluación externa utilizando herramientas estándar (MS Excel o MS Access)
- o Informe de avisos e informe de turno
- o Funciones de impresión (ver “Impresoras recomendadas”)
- o Protección por contraseña con 10 niveles
- o Gestión de recetas
- Con archivo de datos adicional (en tarjeta CF)
- Tratamiento online/offline en el panel
- Memorización de datos de receta en formato Windows estándar (CSV)
- Posibilidad de edición externa utilizando herramientas estándar MS Excel o MS Access
- o Funcionalidad PG ESTADO/FORZADO VAR en combinación con SIMATIC S5 y SIMATIC S7
- o Selección de imágenes desde el PLC permite la guía del operador desde el PLC
- o Scripts Visual Basic, flexibilidad mediante la implementación de nuevas funciones, incluida la conexión a variables ProTool (operaciones de comparación, bucles, etc.)
- o Textos de ayuda para imágenes de proceso, avisos y variables
- o Monitoreo de valores límite para conducción segura del proceso en entradas y salidas
- o Ventana permanente zona fija de la pantalla para visualizar información independiente de la imagen (p. ej. variables importantes de proceso, fecha y hora)
- o De fácil y cómodo mantenimiento y configuración, gracias a:

- Posibilidad de salvar y cargar (backup/restore) la configuración, sistema operativo, registros y firmware en una tarjeta opcional CF (Compact Flash Card) u opcionalmente vía Ethernet.
- Posibilidad de salvar y cargar (backup/restore) la configuración, sistema operativo, registros y firmware en PC utilizando ProSave
- Carga/descarga de la configuración vía USB/MPI/PROFIBUS DP/RS 232/Ethernet (opcional)/módem y tarjeta CF (opcional)
- Detección automática de transferencia
- Ajuste personalizado de contraste
- Simulación de la configuración directamente en el PC al efecto

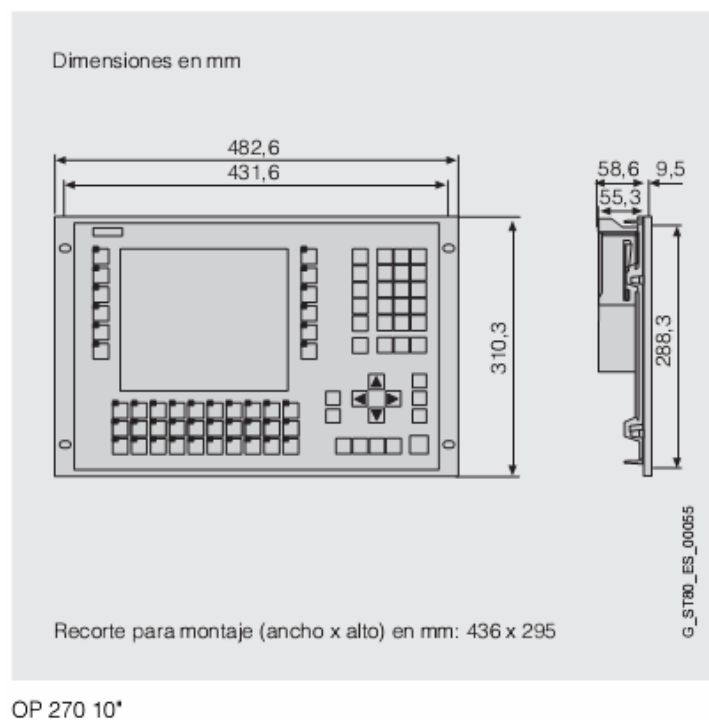
- Integración. Los paneles de operador SIMATIC OP 270 se pueden conectar a:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • SIMATIC S7-200/-300/-400 • PLC en software SIMATIC WinAC/slot-PLC • SIMATIC S5 • SIMATIC 505 • SINUMERIK • SIMOTION | <ul style="list-style-type: none"> - Omron |
| <ul style="list-style-type: none"> • PLCs de otros fabricantes: <ul style="list-style-type: none"> - Allen Bradley - Mitsubishi - Telemecanique - LG GLOFA GM - Modicon - GE-Fanuc | <ul style="list-style-type: none"> • Vía Ethernet (TCP/IP) a PC central e impresora de red (opcionalmente, a través de tarjeta de red compatible con NE2000). |

Los datos técnicos más particulares se encuentran en las hojas de características del PC Industrial, las cuales se encuentran en la documentación anexa.

- Dimensiones y forma. La siguiente imagen 11 muestra las dimensiones y forma del panel operador de trabajo.

Figura 11. Layout de OP270 de 10"



Fuente: MANUAL_OP270.pdf. [en línea]: Catalogo de producto. Munich: Siemens A.G. 1996, [Consultado 12 marzo 2006] disponible en Internet en www.siemens.com.

1.2.6 Normatividad para la obra: RETIE, SAMA, IEC. El desarrollo de la obra en general posee ciertas normatividades explicitas, requeridas tanto por DPA Colombia como por Colmáquinas Construcciones e igualmente Kamati desarrolla sus aplicaciones bajo parámetros estándar establecidos por las normas

correspondientes, en especial con la norma IEC. A continuación se describen los alcances de cada una de estas normas:

1.2.6.1 RETIE. El pasado 7 de abril 2004, el Ministerio de Minas y Energía expidió la Resolución 180398 de 2004 por la cual se aprobó el Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas - RETIE, que contempla las obligaciones y responsabilidades de todos los actores involucrados en los procesos de generación, transmisión entre otros elementos de la cadena de instalaciones eléctricas. Desde el 30 de abril de 2005 el RETIE ya se encuentra en vigencia [9].

En esencia fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en todo el territorio Nacional. La norma es de obligatorio cumplimiento y está regulada por la norma NTC 2050 "Código Eléctrico Colombiano". El objetivo fundamental del Reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctricos, a partir del cumplimiento de los requisitos civiles, mecánicos y de fabricación de equipos.

El reglamento aplica para todas las instalaciones de corriente alterna o continua, públicas o privadas, con valor de tensión nominal mayor o igual a 25V y menor o igual a 500 kV de corriente alterna (c.a.), con frecuencia de servicio nominal inferior a 1000 Hz y mayor o igual a 50V en corriente continua (c.c), que se construyan a partir de su entrada en vigencia. También aplica para todos los profesionales que ejercen la electrotecnia y para los productores o importadores de materiales eléctricos, ya sean de origen nacional o extranjero.

Para garantizar el cumplimiento de la reglamentación la norma se establece la

adopción de la certificación de conformidad de productos e inspección y certificación de conformidad de instalaciones.

1.2.6.2 SAMA. SAMA expresa la norma aplicada a símbolos y diagramas usados en el control de procesos para indicar la aplicación de lazos de control específicos sobre el mismo, el tipo de señales empleadas, la secuencia de componentes interconectadas y de alguna manera, la instrumentación empleada [16].

En la actualidad para la misma labor es empleada la norma ISA, una norma mucho más reciente, actualizada, pero que en esencia conserva los mismos estándares de la antigua norma SAMA.

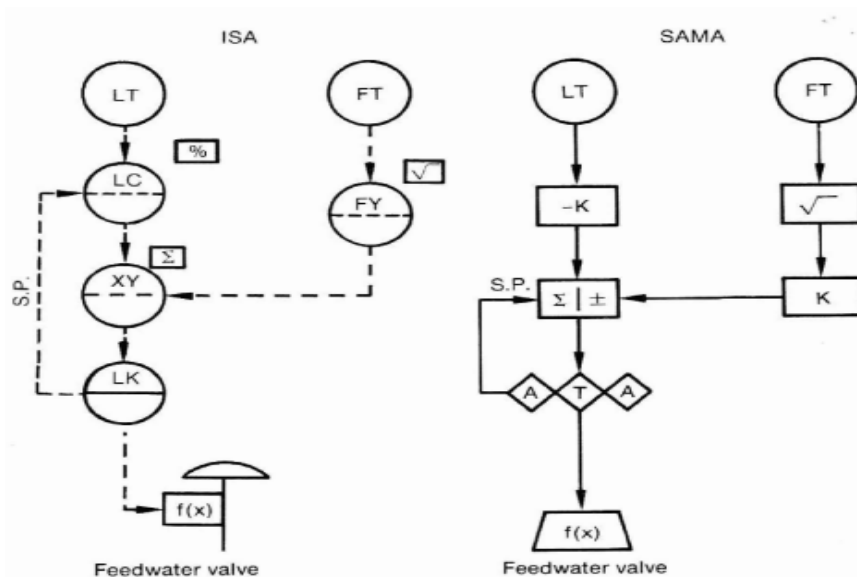
Es así como existen diferencias de implementación gráfica, que en el campo industrial son casi imperceptibles en la medida de su gran parecido e igual acción final, como lo muestra la implementación de estrategias comparativas entre las dos normas. La norma posee una documentación básica de creación en simbólicos y asignación de letras especiales de identificación sobre los símbolos, tal como lo enseña la tabla uno y dos, que se muestra a continuación. Igualmente posee simbólicos para señales de proceso sumado a los lazos de control, como se diagraman en las tablas 3, 4, 5.

Tabla 1. Sistema de Diagrama de control de la norma SAMA

SAMA Control Diagramming System			
ENCLOSURE SYMBOLS		TABLE I	MEASURING/READOUT LETTERS TABLE II
Function	Symbol		
Measuring Or Readout	○		Process Variable A = Analysis** C = Conductivity D = Density F = Flow L = Level M = Moisture P = Pressure S = Speed T = Temperature V = Viscosity W = Weight Z = Position
Manual Signal Processing	◊		Function R = Recording I = Indicating T = Transmitter RT = Recording Transmitter IT = Indicating Transmitter
Automatic Signal Processing	□		
Final Controlling	▭		

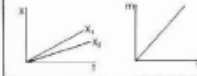
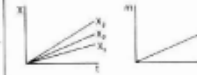
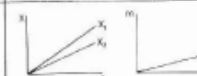
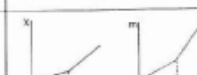
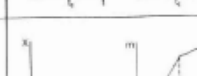
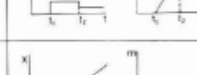
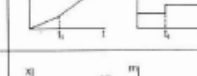
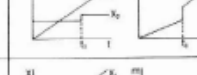
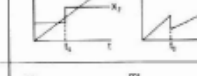

Within a circle use a letter symbol from Table II.
Within other enclosures use a symbol from Table III.

**Self-defining symbols such as O₂, pH, etc., can be used in place of "A".





















Fuente: SAM, G. Dukelow. Control of Boilers, 2 ed. Florida: Alfa Omega, 1988. p. 189.

Tabla 2. Símbolos de procesamiento de señales de la norma SAMA

SIGNAL PROCESSING SYMBOLS			TABLE III
Function & Symbol	Math Equation	Graphic Representation	Definition
SUMMING Σ	$m = x_1 + x_2 + \dots + x_n$		The output equals the algebraic sum of the inputs.
AVERAGING Σ/n	$m = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$		The output equals the algebraic sum of the inputs divided by the number of inputs.
DIFFERENCE Δ	$m = x_1 - x_2$		The output equals the algebraic difference between the two inputs.
PROPORTIONAL K	$m = Kx$		The output is directly proportional to the input.
INTEGRAL \int	$m = \int_{t_1}^{t_2} x dt$		The output varies in accordance with both magnitude and duration of the input. The output is proportional to the time integral of the input.
DERIVATIVE d/dt	$m = T \frac{dx}{dt}$		The output is proportional to the rate of change (derivative) of the input.
MULTIPLYING \times	$m = x_1 x_2$		The output equals the product of the two inputs.
DIVIDING \div	$m = \frac{x_1}{x_2}$		The output equals the quotient of the two inputs.
ROOT EXTRACTION $\sqrt{\quad}$	$m = \sqrt[n]{x}$		The output equals the root (i.e., square root, fourth root, 3/2 root, etc.) of the input.
EXPONENTIAL x^n	$m = x^n$		The output equals the input raised to a power (i.e., second, third, fourth, etc.)

Fuente: SAM, G. Dukelow. Control of Boilers, 5 ed. Florida: Alfa Omega, 1988. p. 190.

Tabla 3. Símbolos de procesamiento de señales de la norma SAMA

SIGNAL PROCESSING SYMBOLS (continued)				
Function & Symbol	Math Equation	Graphic Representation		Definition
NONLINEAR OR UNSPECIFIED FUNCTION $f(x)$	$m = f(x)$			The output equals some nonlinear function of the input.
TIME FUNCTION $f(t)$	$m = x f(t)$ $m = f(t)$			The output equals the input times some function of time or equals some function of time alone.
HIGH SELECTING $>$	$m = \begin{cases} x_1 & \text{FOR } x_1 \geq x_2 \\ x_2 & \text{FOR } x_1 < x_2 \end{cases}$			The output is equal to that input which is the greatest of the inputs.
LOW SELECTING $<$	$m = \begin{cases} x_2 & \text{FOR } x_1 \geq x_2 \\ x_1 & \text{FOR } x_1 < x_2 \end{cases}$			The output is equal to that input which is the least of the inputs.
HIGH LIMITING \nlessgtr	$m = \begin{cases} x & \text{FOR } x \leq H \\ H & \text{FOR } x \geq H \end{cases}$			The output equals the input or the high limit value whichever is lower.
LOW LIMITING \nlessgtr	$m = \begin{cases} x & \text{FOR } x \geq L \\ L & \text{FOR } x \leq L \end{cases}$			The output equals the input or the low limit value whichever is higher.
REVERSE PROPORTIONAL $-K$	$m = -Kx$			The output is reversely proportional to the input.
VELOCITY LIMITING $V \nlessgtr$	$\frac{dm}{dt} = \frac{dx}{dt} \begin{cases} \leq H \text{ and } m = x \\ \geq H \text{ OR } \leq -H \text{ and } m = x \end{cases}$			The output equals the input as long as the rate of change of the input does not exceed a limit value. The output will change at the rate established by this limit until the output again equals the input.
BIAS $+, -, \text{ or } \pm$	$m = x \pm b$			The output equals the input plus (or minus) some arbitrary value (bias).

Fuente: SAM, G. Dukelow. Control of Boilers, 2 ed. Florida: Alfa Omega, 1988. p. 201.

Tabla 4.: Símbolos de procesamiento de señales de la norma SAMA

SIGNAL PROCESSING SYMBOLS (continued)

Function & Symbol	Math Equation	Graphic Representation	Definition
ANALOG SIGNAL GENERATOR A	$m = A$	DOES NOT APPLY	The output is an analog signal developed within the generator.
TRANSFER T	$m = \begin{cases} x_1 & \text{FOR STATE 1} \\ x_2 & \text{FOR STATE 2} \end{cases}$		The output equals the input which has been selected by transfer. The state of the transfer is established by external means.
SIGNAL MONITOR H/	STATE 1 $x \leq H$ STATE 2 (ENERGIZED OR ALARM STATE) $x > H$		
/L	STATE 1 (ENERGIZED OR ALARM STATE) $x < L$ STATE 2 $x \geq L$		
H/L	STATE 1 (FIRST OUTPUT m_1 ENERGIZED OR ALARM STATE) $x < H, L$ STATE 2 (SECOND OUTPUT m_2 ENERGIZED OR ALARM STATE) $x > H, L$		The output has discrete states which are dependent on the value of the input. When the input exceeds (or becomes less than) an arbitrary limit value the output changes state.
H//L	STATE 1 (FIRST OUTPUT m_1 ENERGIZED OR ALARM STATE) $x < L$ STATE 2 (BOTH OUTPUTS INACTIVE OR DE-ENERGIZED) $L \leq x \leq H$ STATE 3 (SECOND OUTPUT m_2 ENERGIZED OR ALARM STATE) $x > H$		

The variables used in the table are:

A — An arbitrary analog signal

b — Analog bias value

$\frac{d}{dt}$ — Derivative with respect to time

H — An arbitrary analog high limit value

$\frac{1}{T_i}$ — Integrating rate

L — An arbitrary analog low limit value

m — Analog output variable

n — Number of analog inputs or value of exponent

t — Time

T_D — Derivative time

x — Analog input variable

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ — Analog input variable (1 to n in number)

Fuente: SAM, G. Dukelow. Control of Boilers, 2 ed. Florida: Alfa Omega, 1988. p. 205.

1.2.6.3 IEC 61131-3: un recurso de programación estándar. En la actualidad aún siguen persistiendo sistemas de control específicos del fabricante, con programación dependiente y conexión compleja entre distintos sistemas de control. Esto significa para el usuario costos elevados, escasa flexibilidad y falta de normalización en las soluciones al control industrial. IEC 61131 es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Esta norma se divide en cinco partes:

Parte 1: Vista general

Parte 2: Hardware

Parte 3: Lenguaje de programación

Parte 4: Guías de usuario

Parte 5: Comunicación

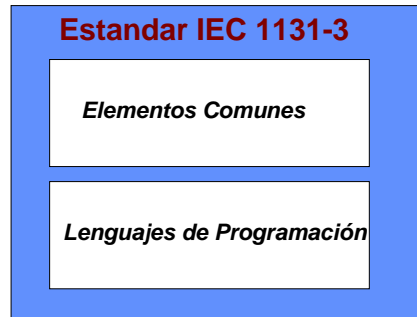
IEC 61131-3 pretende ser la base real para estandarizar los lenguajes de programación en la automatización industrial, haciendo el trabajo independiente de cualquier compañía. Hay muchas maneras de describir el trabajo desarrollado en la tercera parte de esta norma, indicaremos algunas de ellas son:

- IEC 61131-3 es el resultado del gran esfuerzo realizado por 7 multinacionales a los que se añaden muchos años de experiencia en el campo de la automatización industrial.
- Incluye 200 páginas de texto aproximadamente, con mas de 60 tablas.
- IEC 61131-3 son las especificaciones de la sintaxis y semántica de un lenguaje de programación, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje.

Otra visión distinta es dividir el estándar en dos partes: (ver figura 12):

- Elementos comunes.
- Lenguajes de programación.

Figura 12. Elementos fundamentales del estándar IEC 1131-3



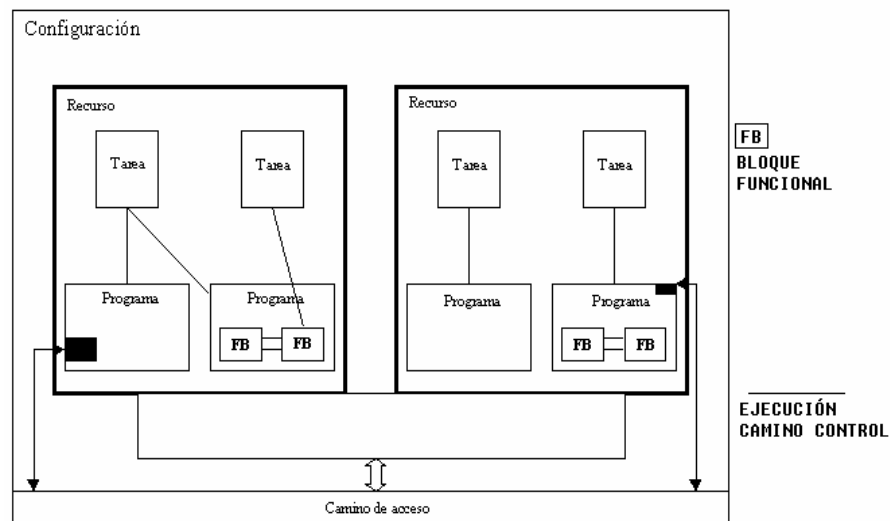
Fuente: VALENCIA, Carlos. Norma IEC 1131-3 [en línea]: Madrid: Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Oviedo [Consultado el 06 de Junio, 2006]. Disponible en Internet en www.universidaddeoviedo.com/automatica

- Tipos de datos. Dentro de los elementos comunes, se definen los tipos de datos. Los tipos de datos previenen de errores en una fase inicial, como por ejemplo la división de un dato tipo fecha por un número entero. Los tipos comunes de datos son: variables booleanas, número entero, número real, byte y palabra, pero también fechas, horas del día y cadenas (strings). Basado en estos tipos de datos, el usuario puede definir sus propios tipos de datos, conocidos como tipos de datos derivados. De este modo, se puede definir por ejemplo un canal de entrada analógica como un tipo de dato.
- Variables. Las variables permiten identificar los objetos de datos cuyos contenidos pueden cambiar, por ejemplo, los datos asociados a entradas, salidas o a la memoria del autómata programable. Una variable se puede declarar como uno de los tipos de datos elementales definidos o como uno de los tipos de datos derivados. De este modo se crea un alto nivel de independencia con el hardware, favoreciendo la reutilización del software.

La extensión de las variables está normalmente limitada a la unidad de organización en la cual han sido declaradas como locales. Esto significa que sus nombres pueden ser reutilizados en otras partes sin conflictos, eliminando una frecuente fuente de errores. Si las variables deben tener una extensión global, han de ser declaradas como globales utilizando la palabra reservada VAR_GLOBAL. Pueden ser asignados parámetros y valores iniciales que se restablecen al inicio, para obtener la configuración inicial correcta.

- Configuración, recursos y tareas. Para su mejor comprensión, en la figura 13 se define el modelo de software, que aporta la norma IEC 61131-3:

Figura 13. Modelo de Software con IEC 61131-3



Fuente: VALENCIA, Carlos. Norma IEC 1131-3 [en línea]: Madrid: Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Oviedo [Consultado el 06 de Junio, 2006]. Disponible en Internet en www.universidaddeoviedo.com/automatica

Al más alto nivel, el elemento software requerido para solucionar un problema de control particular puede ser formulado como una *configuración*. Una configuración

es específica para un tipo de sistema de control, incluyendo las características del hardware: procesadores, direccionamiento de la memoria para los canales de I/O y otras capacidades del sistema. Dentro de una configuración, se pueden definir uno o más *recursos*. Se puede entender el recurso como un procesador capaz de ejecutar programas IEC.

Con un recurso, pueden estar definidas una o más *tareas*. Las tareas controlan la ejecución de un conjunto de programas y/o bloques de función. Cada uno de ellos puede ser ejecutado periódicamente o por una señal de disparo especificada, como el cambio de estado de una variable.

Los *programas* están diseñados a partir de un diferente número de elementos de software, escrito en algunos de los distintos lenguajes definidos en IEC 61131-3. Típicamente, un programa es una interacción de *Funciones* y *Bloques Funcionales*, con capacidad para intercambiar datos. Funciones y bloques funcionales son las partes básicas de construcción de un programa, que contienen una declaración de datos y variables y un conjunto de instrucciones..

Comparado esto con un PLC convencional, éste contiene un solo recurso, ejecutando una tarea que controla un único programa de manera cíclica. IEC 61131-3 incluye la posibilidad de disponer de estructuras más complejas. El futuro que incluye multi-procesamiento y gestión de programas por eventos ¡Y no está muy lejos!, observar simplemente las características de los sistemas distribuidos o los sistemas de control de tiempo real. IEC 61131-3 está disponible para un amplio rango de aplicaciones, sin tener que conocer otros lenguajes de programación adicionales.

- Unidades de Organización de Programa. Dentro de IEC 1131-3, los programas, bloques Funcionales y funciones se denominan Unidades de Organización de Programas, *POU*'s.

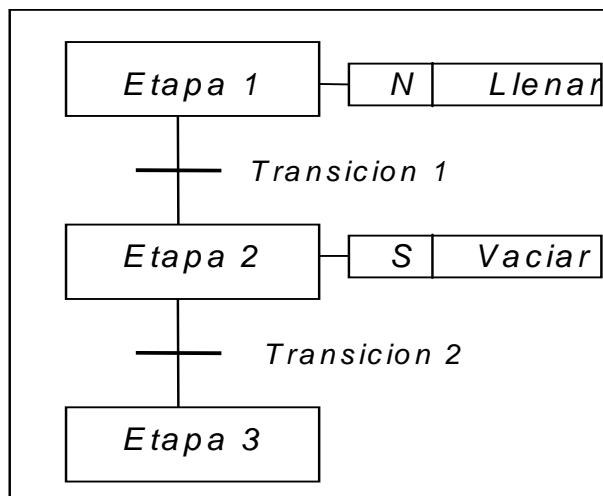
- Funciones. IEC 61131-3 especifica funciones estándar y funciones definidas por usuario. Las funciones estándar son por ejemplo ADD (suma), ABS (valor absoluto), SQRT (raíz cuadrada), SIN (seno), y COS (coseno). Las funciones definidas por usuario, una vez implementadas pueden ser usadas indefinidamente en cualquier POU. Las funciones no pueden contener ninguna información de estado interno, es decir, que la invocación de una función con los mismos argumentos (parámetros de entrada) debe suministrar siempre el mismo valor (salida).

- Bloques Funcionales, FB's. Los bloques funcionales son los equivalentes de los circuitos integrados, IC's, que representan funciones de control especializadas. Los FB's contienen tanto datos como instrucciones, y además pueden guardar los valores de las variables (que es una de las diferencias con las funciones). Tienen un interfaz de entradas y salidas bien definido y un código interno oculto, como un circuito integrado o una caja negra. De este modo, establecen una clara separación entre los diferentes niveles de programadores, o el personal de mantenimiento. Un lazo de control de temperatura, PID, es un excelente ejemplo de bloque funcional. Una vez definido, puede ser usado una y otra vez, en el mismo programa, en diferentes programas o en distintos proyectos. Esto lo hace altamente reutilizable. Los bloques funcionales pueden ser escritos por el usuario en alguno de los lenguajes de la norma IEC, pero también existen FB's estándar (biestables, detección de flancos, contadores, temporizadores, etc.). Existe la posibilidad de ser llamados múltiples veces creando copias del bloque funcional

que se denominan instancias. Cada instancia llevará asociado un identificador y una estructura de datos que contenga sus variables de salida e internas.

- Programas. Los programas son “un conjunto lógico de todos los elementos y construcciones del lenguaje de programación que son necesarios para el tratamiento de señal previsto que se requiere para el control de una máquina o proceso mediante el sistema de autómatas programables”. Un programa puede contener, aparte de la declaración de tipos de datos, variables y su código interno, distintas instancias de funciones y bloques funcionales.

Figura 14. SFC en IEC 61131-3



Fuente: VALENCIA, Carlos. Norma IEC 1131-3 [en línea]: Madrid: Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Oviedo [Consultado el 06 de Junio, 2006]. Disponible en Internet en www.universidaddeoviedo.com/automatica

SFC ayuda a estructurar la organización interna de un programa, y a descomponer un problema en partes manejables, manteniendo simultáneamente una visión global. Los elementos del SFC proporcionan un medio para subdividir una POU de un autómatas programables en un conjunto de etapas y transiciones interconectadas

por medio de enlaces directos. Cada etapa lleva asociados un conjunto de bloques de acción y a cada transición va asociada una condición de transición que cuando se cumple, causa la desactivación de la etapa anterior a la transición y la activación de la siguiente. Los bloques de acción permiten realizar el control del proceso. Cada elemento puede ser programado en alguno de los lenguajes IEC, incluyéndose el propio SFC. Dado que los elementos del SFC requieren almacenar información, las únicas POU's que se pueden estructurar utilizando estos elementos son los bloques funcionales y los programas.

Se pueden usar secuencias alternativas y paralelas, comúnmente utilizadas en muchas aplicaciones. Debido a su estructura general, de sencilla comprensión, SFC permite la transmisión de información entre distintas personas con distintos niveles de preparación y responsabilidad dentro de la empresa.

- Lenguajes de Programación. Se definen cuatro lenguajes de programación normalizados. Esto significa que su sintaxis y semántica ha sido definida, no permitiendo particularidades distintivas (dialectos). Una vez aprendidos se podrá usar una amplia variedad de sistemas basados en esta norma.

Los lenguajes consisten en dos de tipo literal y dos de tipo gráfico:

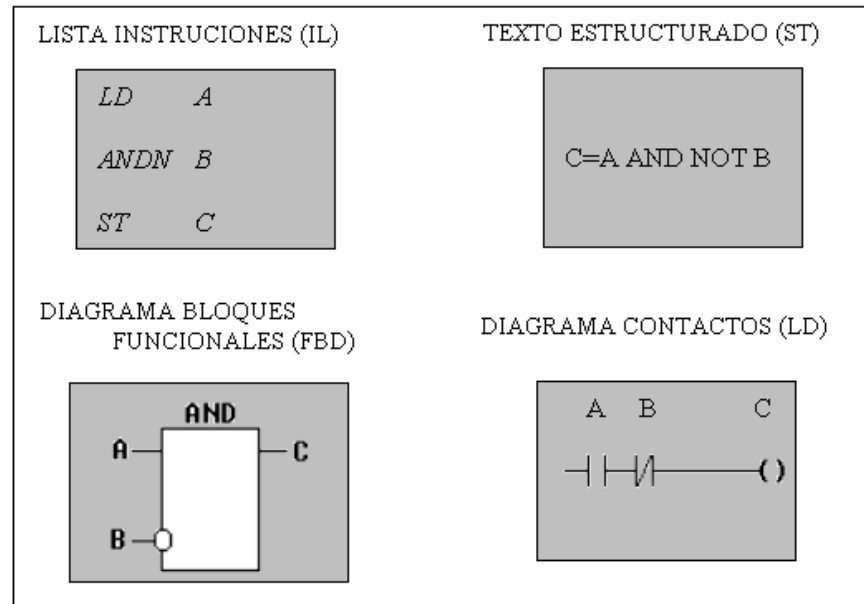
Literales:

- Lista de instrucciones (IL).
- Texto estructurado (ST).

Gráficos:

- Diagrama de contactos (LD).
- Diagrama de bloques funcionales (FBD).

Figura 15. Programación en diversos lenguajes en norma IEC



Fuente: VALENCIA, Carlos. Norma IEC 1131-3 [en línea]: Madrid: Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Oviedo [Consultado el 06 de Junio, 2006]. Disponible en Internet en www.universidaddeoviedo.com/automatica

En la figura15, los cuatro programas describen la misma acción. La elección del lenguaje de programación depende de:

- los conocimientos del programador,
- el problema a tratar,
- el nivel de descripción del proceso,
- la estructura del sistema de control,
- la coordinación con otras personas o departamentos.

Los cuatros lenguajes están interrelacionados y permiten su empleo para resolver conjuntamente un problema común según la experiencia del usuario.

El Diagrama de contactos (LD) tiene sus orígenes en los Estados Unidos. Está basado en la presentación gráfica de la lógica de relés. *Lista de Instrucciones* (IL) es el modelo de lenguaje ensamblador basado un acumulador simple; procede del alemán 'Anweisungsliste, AWL.

El *Diagramas de Bloques Funcionales* (FBD) es muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados y es ampliamente utilizado en Europa. El lenguaje *Texto estructurado* (ST) es un lenguaje de alto nivel con orígenes en el Ada, Pascal y 'C'; puede ser utilizado para codificar expresiones complejas e instrucciones anidadas; este lenguaje dispone de estructuras para bucles (REPEAT-UNTIL; WHILE-DO), ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE), funciones (SQRT, SIN, etc.).

- Top-down vs. Bottom-up-. La norma también permite dos formas de desarrollar el programa de control (ver figura 16): de arriba a abajo (Top-down) y de abajo a arriba (bottom-up). Puedes especificar inicialmente la aplicación completa y dividirla en partes, declarar las variables y demás. También puedes comenzar la programación desde abajo, por ejemplo, por medio de funciones y bloque funcionales. Por cualquiera de los caminos que elijas, IEC 61131-3 te ayudará durante todo el proceso.

Figura 16. Esquema de Normatividad para el desarrollo de Software con IEC



Fuente: VALENCIA, Carlos. Norma IEC 1131-3 [en línea]: Madrid: Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Oviedo [Consultado el 06 de Junio, 2006]. Disponible en Internet en www.universidaddeoviedo.com/automatica

- Implementaciones: Cumplir todos los requerimientos de la norma IEC 61131-3 no es fácil, por eso se permiten implementaciones parciales en varios aspectos. Esto hace referencia al número de lenguajes que soportan las herramientas de desarrollo disponibles, y al número de funciones y de bloques funcionales. Con ello se deja libertad al suministrador, pero el usuario debe tener cuidado durante el proceso de selección de la herramienta adecuada. Incluso una actualización del software puede dar lugar a un nivel muy alto de trabajo durante la implementación.

Muchos entornos de programación IEC actuales ofrecen aquello que se espera a nivel de interfase de usuario: uso de ratón, menús desplegados, pantallas de programación gráfica, múltiples ventanas, ayuda en línea, verificación durante el diseño, etc. Debe hacerse notar que estos detalles no están especificados en la norma por lo que es una de las partes donde los proveedores pueden diferenciarse.

Para más información, contactar directamente con PLCopen o a través de la World Wide Web.

1.2.7 Comunicaciones Industriales: Profibus, CAN, MPI.

- Profibus. Es uno de los buses de campo de más amplio uso en la industria moderna, gracias a su alta confiabilidad y soporte de datos versus velocidad. Su diseño se enfoca al soporte una gran variedad de equipos de campo que van desde PC's industriales y PLC's de proceso hasta robots, pasando por todo tipo de elementos de campo que soporten su tecnología.

En su gran mayoría se enfocan en aplicaciones industriales, gracias a las tres posibilidades que ofrece Profibus: FMS, DP y PA. Desde máquinas sencillas, pasando por aplicaciones a nivel de célula hasta nivel de proceso con Profibus-PA.

La confiabilidad y adaptabilidad igualmente es aportada por el nivel físico que lo soporta, el RS485 estándar, el cual permite una amplia compatibilidad entre los diferentes elementos que se conectan a su popular arquitectura de bus compartida por diversos maestros y esclavos. En los documentos anexos se dispone de algo de historia de este bus de campo.

- CAN. CAN es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos, además ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples unidades centrales de proceso.

El protocolo de comunicaciones CAN proporciona los siguientes beneficios:

- Es un protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar subsistemas de diferentes fabricantes sobre una red común o bus.

- El procesador anfitrión (*host*) delega la carga de comunicaciones a un periférico inteligente, por lo tanto el procesador anfitrión dispone de mayor tiempo para ejecutar sus propias tareas.
- Al ser una red multiplexada, reduce considerablemente el cableado y elimina las conexiones punto a punto.

En los anexos del informe, se encuentra una descripción más amplia del protocolo.

- MPI. Es una Interfaces integrada multipunto, que permite conectar el autómata simultáneamente a unidades de programación, a PC, así como a equipos de manejo y visualización, p. ej. Paneles de operador. Igualmente, permite intercambiar pequeñas cantidades de datos con otros autómatas S7, todo ello sin influir en el tiempo de ciclo programado en los autómatas de la red de control.

Es comúnmente conjugable en CPU que llevan una interfase PROFIBUS-DP incorporada. Su presencia por ejemplo permite integrar el S7 de la familia de los 400 como maestro en una red PROFIBUS sin necesidad de hardware adicional para el desarrollo.

Es un bus de alta potencialidad y confiabilidad para aplicaciones que requieren una red de control sencilla a cortas distancias de trabajo. Es idea para la configuración de la arquitectura de proceso requerida para este proyecto, tal como se aprecia en la conformación de la arquitectura del mismo.

1.3 ANTECEDENTES

La industria requiere automatización en sus procesos en la medida de su crecimiento, aumento de índices de productividad y desarrollo en su entorno. Partiendo desde el inicio hasta el final del proceso, las herramientas de automatización hoy en día aportan toda su potencialidad; para el caso de estudio, en el ámbito de las calderas, uno de los más recurrentes en las medianas y grandes industrias en el inicio del proceso, en la medida que en la gran mayoría de procesos y/o transformaciones se requiere energía, que de uno u otro modo se obtiene de elementos como vapor de agua, agua a altas temperaturas para calentamiento, cocido de alimentos, generación de energía, entre otros procesos masivos que requieren actividad en la producción en temas de costos y agilidad en fabricaciones seriadas y/o escaladas.

Las calderas, son elementos de gran utilidad, creados desde antaño para diversas necesidades que en la actualidad igualmente se tienen. Por lo anterior, nace la incorporación de nuevas tecnologías que las lleven a mejores puntos de eficiencia, rendimiento y administración por parte de usuarios directos e indirectos que se relacionan con ellas. Este es el caso de la incorporación de SCADAS industriales para su funcionamiento, lo cual ha llevado a la implementación de PLC más robustos, esquemas de mando y monitoreo a distancia, comunicaciones industriales, entre otros aspectos relevantes a las líneas de automatización que actualmente dominan al mundo industrializado.

Colmáquinas Construcciones S.A., es una empresa que proviene del desaparecido grupo Distral de Colombia S.A., empresa con sedes en Venezuela, Ecuador y Colombia. A nivel nacional con sedes en Cali y Bogotá. Luego de su disolución, persisten las sedes de Colmáquinas en Bogotá, y Cali. A nivel local, Colmáquinas es una de las mejores referencias para determinar el estado de la

apropiación de este tipo de tecnologías para este proceso, en la medida que es uno de los más importantes constructores, instaladores y reparadores de este tipo de equipos industriales que además cuenta con amplia proyección a nivel nacional. Sus diseños o rediseños a Calderas ya instaladas en Refinerías como ECOPETROL, en Ingenios como el Riopaila o en plantas alimenticias como Colombina, poseen en su gran mayoría implementaciones en soluciones de control cableadas, en soluciones de medición y control con equipos dedicados exclusivamente al proceso (temperatura, nivel, presión, entre otros) y con controladores robustos para el quemador de combustible, el cual dirige en su gran mayoría el proceso.

El corazón de las calderas, el quemador, hoy en día es un equipo diseñado exclusivamente para actuar en forma dedicada en el proceso de quema, con un control y cerebro de proceso propio, con funcionamientos en modos seguros que certifican un control robusto, efectividad y seguridad industrial. Independientemente de estos autómatas dedicados y otros dispositivos conexos con los que Colmáquinas vende actualmente sus calderas, igualmente incorpora PLC e instrumentación de campo de variadas marcas, los cuales se integran en gran medida por equipos dedicados al proceso, independientes de la red en planta y de parte de la gamma de dispositivos asociados.

Colmáquinas construcciones evoca hacia los años 80 la exploración de sistemas con arquitecturas muy similares a las actuales, pero con gran cantidad de periféricos asociados para comunicaciones, entradas y salidas, buses de campo, paneles operadores, entre otros. Existían sistemas de control distribuido a base de la red Network 90, altamente empleada para conexión de equipos Bailey, ahora ABB. A la par de estos sistemas se fueron implementando mejoras en tiempos, rangos y cantidad de adquisiciones, tiempos de procesamiento e integración de sistemas DCS con PLC, en redes de nueva generación a esta, como lo fue la

Infinity 90, donde se enlazaban desde PC industriales, buses de campo, PLC, DCS y diversos equipos de control distribuido denominados Stand Alone.

Sus primeras aplicaciones datan de los años 80, en Phillips Petroquímica, que se conoció seguidamente como Cabot de Colombia, en el control de combustión para el proceso de quema de aceite arrotar como materia prima para la industria del caucho. Se realizó con la red Network 90, y equipos para control distribuido marca Bailey el control para seis reactores bajo el monitoreo y mando de entre otras, variables de presión, temperatura y flujo. El control era desarrollado por medio de compuertas lógicas y bloques de funciones ya especificados y el producto final del monitoreo y mando se cedía en una estación de ingeniería enlazada al sistema por medio de una PC industrial con discos duros de ocho pulgadas.

Análogamente a finales de los ochenta, se implementaron sistemas para el Ingenio la Cabaña, con una caldera de 100.000 Lb/h., con la red Infinity 90; Química Amtex con Bailey, la red de Network 90, sistemas de DCS y controladores COM3, COM2 y COM4 de la época.

En los noventa, se abren paso elaboraciones en empresas como Icollantas, Licorera del Valle, ThermoBarranca, entre otras, donde se comenzó a incursionar bajo los mismos principios de arquitectura de comunicaciones, pero con controles multifuncionales, controladores por comando, controladores de estrategia, enfocados dentro de un sistema DCS. En estas experiencias se comenzó a conocer las necesidades potenciales y las ventajas de los sistemas enlazados por red, en la medida que podrían existir dos estaciones de ingeniería dedicadas al proceso. Se incursionó entonces en sistemas con protocolos Modbus, Lazos Loop y Protocolos propios de los fabricantes en la medida de las necesidades; estos desarrollos se realizaban con Foxboro, hacia el año 1994.

Existió un periodo de transición hacia la presente década, con una caldera para ECOPETROL, en la cual se iniciaron desarrollos con DCS y PLC para el control, de la marca Honeywell. Posteriormente, se comenzó la era de utilización de sistemas SCADAS con arquitecturas muy confiables, sencillas, robustas y de protocolos abiertos, con equipos que no estaban concebidos para este control de proceso en especial. Se montó en el año 2003 una Caldera de 60.000 Lb/h., en Industrias Aliadas, con PLC Allen Bradley y seguidamente otra en Papeles del Cauca, de 60.000 Lb/h., con equipos Honeywell y enlaces en fibra óptica. Los presentes abren camino y confiabilidad en la aplicación de sistemas Siemens para el control.

En el mercado actual, se aprecia como, por razones de costos, diversidad de equipos, practicidad de implementación, entre otras importantes como la confiabilidad, marcas como Telemecanique, está incursionando fuertemente en el desarrollo de ingenierías de integración como la presentada en este proyecto de pasantía. La marca, actualmente poseen desarrollos con sistemas SCADAS para el control de proceso, como el proceso de Calderas, con sus propios autómatas, pantallas de proceso y demás elementos de control e instrumentación dedicados con posibilidades de integración y funcionalidad entre la misma marca y otras en el mercado. Esta es la tendencia mundial, en la medida que la gran mayoría de equipos son producir por diferentes marcas en todo el mundo, bajo parámetros de calidad óptimos y estándares de aplicación que se tornan en beneficio para los integradores,

La solución propuesta en esta pasantía abre una ventana para los desarrollos de Colmáquinas en la medida del grado de integración y desempeño que se puede lograr con la implementación de un sistema de este tipo; aportando al proyecto que verdaderamente se hace necesario llevar este tipo de sistemas a este punto

de operación y automatización, así mismo como Colmáquinas esta en la tónica de implementar estas nuevas soluciones.

Por otra parte Kamati ha desempeñado diversas labores de automatización enfocadas principalmente a sistemas ya diseñados, implementados por diversas firmas que requieren ser automatizados. Para estos, ha elaborado diseños e implementaciones con PLC, SCADAS industriales, redes de control industrial y poco a poco ha logrado la integración de las anteriores, aportándole la experiencia suficiente para el desarrollo de proyectos como el propuesto con Colmáquinas Construcciones. Se han automatizado con PLC, maquinas extrusoras de cable, procesos de refrigeración, procesos de corte, entre otros, igualmente se han realizado reemplazos de módulos de trabajo, migraciones a tecnologías mejores y/o más recientes de la casa Siemens. Igualmente se han implementado HMI de proceso para plantas como Mercahuevos, Colombina, Baterías MAC entre otras, con diferentes paneles operadores y software de desarrollo de sistemas SCADA.

Se encuentran entonces en buen momento ambas compañías para desarrollar juntas ingeniería para de integración de procesos. Colmáquinas esta migrando paulatinamente a sistemas como los implementados por Kamati, y Kamati se encuentra implementado y comprobando día a día el uso de sus tecnologías para distintos procesos, razón que fortalece a las dos compañías y les propicia un ámbito de desarrollo conjunto para diversos proyectos industriales.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La automatización es una de las soluciones de mayor aceptación hoy en día en la industria mundial. Países en vía de desarrollo como Colombia, día a día masifican más su uso y aceptación, en la medida de las ventajas competitivas que conlleva la producción confiable, óptima, puntual, de mayor alcance, mayor resolución y demás ventajas que aporta la ingeniería de integración.

La energía, en la producción industria es vital en los procesos de transformación. Uno de los eslabones de la cadena productiva más importante a nivel energético, es la caldera que represente un elemento que independientemente de su gran uso a nivel industrial, es crucialmente delicado de controlar, adicionalmente habita y/o genera usualmente ambientes hostiles, calurosos, polucionados y de alto riesgo de accidentalidad si no se tienen las precauciones debidas. Se requiere de herramientas de control de alto desempeño tecnológico para operar las toneladas de combustible que puede llegar a quemar, es por esto que su corazón principal, el quemador, actualmente se encuentra muy elaborado, con esquemas muy estrictos y redundantes de control, en todas la gran mayoría de las marcas que lo suministran, a tal punto que en casi todas las ocasiones un sistema supervisorio conexo, no puede ejecutar mandos directos sobre el sistema.

Su importancia definitiva en los procesos industriales justifica su elevado grado de seguridad y eficiencia que se debe alcanzar en la implementación, por ello se requiere el uso de sistemas de control y monitoreo en campo, eficientes y flexibles que apoyen la labor del operario, asistiendo de forma segura cada una de sus tareas, en pro de un control óptimo del sistema.

La implementación de este tipo de sistemas, beneficia la acción de control empresarial e industrial, en medidas como la obtención de reportes del sistema

que se pueden monitorear desde puntos remotos y de la flexible acción de la planta de personal encargada de la operación de este tipo de sistemas.

En particular el presente proyecto, es una oportunidad de demostrar las excelentes prestaciones que posee la implementación de equipos genéricos de control de proceso, en procesos que desde la antigüedad los desempeñaban dispositivos exclusivamente dedicados a ello. Igualmente es un camino para comprobar la eficiencia de la realización de un diseño concurrente para este tipo de desarrollos.

1.5 METODOLOGÍA

El presente proyecto se contempla por fases de diseño y desarrollo, en la medida de las políticas de trabajo establecidas por Kamati Ltda., y los fundamentos de la teoría del Diseño concurrente de Productos Mecatrónicos.

Se recorrerán consecuentemente las Fases de Desarrollo en sus etapas de Planificación y Diseño concurrente, para finalmente entregar el sistema funcional con la debida capacitación del usuario final en la funcionalidad y solución de conflictos con el sistema.

1.6 PROCESO DE PLANIFICACIÓN

1.6.1 FASE 1: Programación del Desarrollo. La primera fase contempla la recopilación de información básica del proyecto para, en conjunto con el marco teórico desarrollado, realizar la planeación de la implementación del sistema esperado, para ello se desarrollarán los siguientes aspectos:

1.6.1.1 Estudio de la cotización de Obra elaborada por Kamati Ltda.

1.6.1.2 Revisión del Cronograma de actividades previsto por Colmáquinas Construcciones.

1.6.1.3 Revisión de los tiempos estimados para el desarrollo por parte de Kamati Ltda. y de Colmáquinas Construcciones.

1.6.1.4 Identificación de las tareas a desarrollar.

1.6.1.5 Planteamiento de la misión.

1.6.1.6 Identificación de las necesidades del cliente.

1.6.1.7 Interpretación de las necesidades del cliente.

1.6.1.8 Acopio de material de proceso como herramienta para el diseño.

1.6.1.9 Organización de las necesidades en grupos y jerarquías.

1.6.1.10 Importancia relativa de las necesidades del cliente.

1.6.1.11 Medidas y Unidades.

1.6.1.12 Evaluación de medidas en productos competidores.

1.6.1.13 Evaluación de la satisfacción de las necesidades del cliente en los productos competidores.

1.6.1.14 Especificaciones Preliminares del diseño

Finalmente, se espera obtener una visión relevante del proyecto, donde se puedan presupuestar tareas a realizar contra tiempos de desarrollo y sus responsables, con el propósito de trazar una hoja de ruta para la normal realización del proyecto de manera concurrente en el tiempo estimado. A Continuación se desarrollarán los puntos contemplados para esta fase:

1.6.1.1 Cotización de Obra. El presente desarrollo fue convocado por Colmáquinas construcciones en la medida de una construcción de una caldera que utilizaría controladores lógicos programables de la casa Siemens para su proceso por requerimientos del cliente. Se inició la convocatoria con Siemens Cali, los cuales convocaron a Kamati Ltda., una de sus firmas integradoras para que cotizara el presente.

- Análisis de la propuesta. La propuesta consta fundamentalmente de dos partes esenciales para el buen entendimiento de las partes y posterior desarrollo del proyecto. Los apartes enumeran los elementos que incluye la propuesta para la realización del presente objetivo cotizado y lo que se requiere por parte de la empresa contratante para el normal desarrollo del proyecto.

Ingeniería de integración es un trabajo en equipo donde deben de engranar perfectamente cada una de las piezas involucradas en el proceso tanto por parte del contratista como del cliente y el usuario final. De esta manera, se rescata la importancia del debate de la propuesta para trazar la hoja de ruta antes de dar inicio a la ejecución de la misma. A continuación se replican los apartes que la empresa Kamati Ltda., suministra con la elaboración del proyecto:

- Suministro por Kamati Ltda. Dirección técnica, ingeniería y mano de obra como se relaciona a continuación:
 - Implementación de estrategia de control lógico y regulatorio para PLC Siemens Simatic S7 CPU 315 2DP con base en estrategia de control suministrada por ustedes y como resultado de un trabajo en conjunto en un comité de obra. El programa se desarrollará en STEP 7 de Siemens para una caldera Acuotubular de 33.000 Lb/h.
 - Desarrollo de interfaz grafica para OP 270 utilizando el software de desarrollo de HMI Protool V6.0 para el mando y monitoreo de la caldera.
 - Desarrollo de rutinas de regulación, alarmas, mando lógico, comunicación PLC-OP270, tendencias básicas, reportes, avisos de alarma de acuerdo con la capacidad de memoria del PLC seleccionado y con las opciones de la OP 270.
 - Asistencia con un Ingeniero debidamente calificado durante la puesta en marcha por máximo 5 días en planta para el ajuste del programa.
 - Asistencia de post venta durante máximo 3 días en planta para cambios o reformas que durante la operación inicial de la caldera se detecten.
 - Capacitación al personal de planta en la operación del sistema durante 4 horas incluidas en el tiempo de puesta en marcha.
 - Manual de usuario del sistema automatizado y manual de primeros auxilios o diagnostico inicial de averías.
 - Diagramas de conexión en bornes del PLC y sus módulos para la alimentación, señales de entrada y salida.
 - Listado de programa en medio impreso y medio magnético debidamente comentado, incluyendo tablas de símbolos, referencias cruzadas y comentarios.
 - Ingeniero Programador para el desarrollo y puesta en marcha de todo el proyecto y asistente de ingeniería para tareas específicas.
- Identificación de los elementos de la propuesta.

- Tareas a Desarrollar. Elementos fundamentales para el logro de la integración de periféricos mediante software para el logro de resultados.
- Método de desarrollo. Mecanismo operativo para el desarrollo y puesta en marcha de la propuesta, con tiempos y entes involucrados.
- Resultados a entregar. Al final del camino, los balances esperados, representados en documentos y archivos finales de la implementación de software para la estrategia de control y para el mando y monitoreo de señales de campo.

- Requerimientos para el desarrollo. Estos frentes se encuentran plenamente definidos al interior de Kamati para el desarrollo de proyectos de este tipo y es la herramienta utilizada para dividir la carga de trabajo entre los ingenieros y los asistentes de proyecto. Así entonces, los requerimientos básicos para el desarrollo de la ingeniería por parte de Kamati son los que se listan:

- Un Ingeniero residente de Proyecto. Es el Ingeniero designado por Kamati para realizar el desarrollo, y el directo encargado y responsable por las gestiones pertinentes para el normal desarrollo del proyecto.

- Un Ingeniero de Proceso. El presente es el ingeniero encargado de encarnar el proceso dentro de las estrategias de control que lo gobernarán, es el especialista en este tipo de proceso. Para este caso Kamati aporta la ingeniería de integración con un ingeniero especialista en Automatización Industrial y Colmáquinas aportará el Ingeniero especialista en el proceso de Calderas, el Ingeniero Javier Osorio, Jefe del Departamento técnico y desarrollo de proyectos de Colmáquinas.

- Un asistente. Personal encargado de labores básicas de gestión de procesos al interior del proyecto para la facilidad de la realización del mismo, Tareas de programación de software supervisorio, orden de documentación, entre otros.

- Para la gestión del proyecto se requieren básicamente los siguientes elementos:
 - Software Protool Pro
 - Software Step 7 Simatic Manager
 - Estación de Ingeniería para el desarrollo
 - PLC de prueba
 - Estrategias de Control
 - Diagramas de entradas y salidas del sistema
 - Mímicos de Proceso.

Seguidamente replicamos los elementos que Kamati requiere de parte de cliente para la ejecución de la ingeniería de integración, según la cotización de obra:

- Suministros por Colmáquinas:
 - Descripción detallada de la estrategia de control y lógica de mando.
 - Diagramas de instrumentación de la caldera.
 - Secuencia de arranque, parada, seguridad y regulación de la caldera.
 - Listado completo de equipos adquiridos por el cliente incluyendo referencias.
 - Listado completo de entradas y salidas digitales y análogas del proceso con sus respectivos tags o neumónicos de identificación.
 - Planos eléctricos de cableado de transmisores, switches, quemador, etc.
 - Traslado, alimentación y alojamiento del personal de Kamati Ltda., durante los días de puesta en marcha en Valledupar. Debe incluir traslado Casa-Aeropuerto, Desplazamiento aéreo, traslado Aeropuerto-Hotel, traslado diarios a la planta y al hotel, alimentación y alojamiento.
 - Permisos de ingreso del personal a la planta.

Se requiere la mayor cantidad de información referente al proyecto, la cual se divide en los siguientes pilares:

- Estrategia de control. Elemento fundamental para el desarrollo del proyecto. Se acostumbra que se elabore por parte del cliente en formato estándar para evitar errores de implementación. Ella reúne todas las estrategias pertinentes, tanto de proceso, como de alarmas y demás mandos y/o elementos integrados. Igualmente debe estar elaborada en común acuerdo con los siguientes dos ítems.
- Planos de Entradas y Salidas. El Cliente será el instalador del Hardware tanto de control, como de proceso, por ende se debe conocer el estado del hardware para lograr la configuración deseada en el software de desarrollo, en la medida que esta es uno de los puntos de partida principales en el proyecto.
- Listado de Referencias. Las variables utilizadas igualmente deben de ser entregadas debidamente documentadas, con referencias y/o tags concordantes con la estrategia y el deseo final del cliente y/o usuario final.
- Condiciones de Permanencia. Finalmente hay que sentar una pauta en los detalles logísticos de la implementación desde sus inicios hasta la de campo, para el personal involucrado en el mismo.

Operativamente se requieren en campo los equipos de trabajo para la automatización, independientes a los de proceso, los cuales son suministrados por el cliente final – DPA Colombia – para el logro de los objetivos propuestos.

1.6.1.2 Revisión del Cronograma de actividades previsto por Colmáquinas Construcciones. El desarrollo del proyecto, esta comandado en su globalidad por Colmáquinas construcciones. Para el mismo se encuentra un cronograma que ilustra a grandes rasgos las siguientes etapas:

- Diseño de Sistema - Caldera
- Construcción
- Pruebas y refinamiento en planta de diseño
- Gestión para el control y la Automatización
- Instalación en campo
- Arranque y puesta en marcha

La Ingeniería de integración para la automatización desde su concepción, se recomienda se tenga en cuenta desde la primera fase del cronograma de actividades según algunos métodos de desarrollo concurrente.

Sin embargo, para este caso como en repetidas ocasiones se encuentra presente como una de las etapas del cronograma que se realiza desde finales de la fase dos por tiempos de desarrollo y culmina con la fase cumbre de entrega funcional del sistema en la medida que la automatización es la base de la puesta en marcha y refinamiento del producto final.

Esta fase de la etapa de planificación se aprovecha para destinar el tiempo máximo de desarrollo de la aplicación, en la medida de los tiempos estimados por Colmáquinas para la puesta en marcha del producto. Aproximadamente se estimó que se contaba con aproximadamente un mes de desarrollo antes de entrar en campo con el ingeniero de proceso para realizar pruebas de arranque sistemático de subsistemas.

Finalmente, el proyecto contó con retrasos de más de seis meses, por motivos varios referentes a consecución de equipos, mora y problemas de construcción civil en la adecuación final, entre otros, lo cual provocó que se extendieran indefinidamente los procesos hasta el mes de agosto del presente año. Sin embargo Kamati respetó en gran medida sus tiempos internos de desarrollo como se presentarán en el siguiente ítem, igualmente capitalizó el tiempo adicional en consultas acerca de diseños de programación al ingeniero de proceso, aplicando así permanentemente el método de desarrollo concurrente y estructurado de programación y de producto.

1.6.1.3 Tiempos estimados para el desarrollo por parte de Kamati Ltda. y Colmáquinas Construcciones S.A. El desarrollo global del proyecto comprende cada una de las fases contenidas en el presente informe. Cada una de ellas precisa un tiempo de desarrollo diferente en la medida de su complejidad y laboriosidad en su término. Aunque el proyecto contempla el Desarrollo de la Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle, para la optimización del funcionamiento de una Caldera Acuotubular mediante la utilización de un controlador programable, comandado por un panel operador, el desarrollo y puesta en operación de los sistemas se encuentra a cargo del ingeniero de proyectos de la firma. Se recorrerán consecuentemente las fases propuestas y se narrarán las experiencias logradas en el desarrollo.

El proceso diseminado en tiempo de desarrollo, se especifica en términos generales en el presente cronograma. Kamati inicia su mayor incidencia desde la fase dos, contemplando aspectos que transcurren desde la planeación, el diseño, la concepción, desarrollo, pruebas y refinamiento.

Sin embargo el montaje y puesta en funcionamiento del sistema, a cargo del ingeniero de proyectos, que es una experiencia bastante importante en la

culminación de la fase de diseño concurrente, que confirma de primera mano el cumplimiento de las premisas de diseño, no se logró llevar a cabo en el tiempo estimado, por retrasos por parte del Cliente final, de proveedores de equipos, retrasos en obra civil, retrasos en pruebas en campo antes del arranque, Paro de trabajadores en planta, entre otros factores conexos a la ingeniería de integración que inciden indirectamente en los resultados finales versus el tiempo empleado. Por eso el trabajo no se logro entregar en los periodos estimados en el cronograma.

1.6.1.4 Identificación de las tareas a desarrollar. El desarrollo contempla diversos aspectos que se deben realizar conforme al esquema de trabajo planteado, bajo la identificación de tareas y roles específicos. Para realizar la ingeniería de integración en el proyecto *Caldera Acuotubular de Colmáquinas Construcciones S.A.*, con un PLC y sus correspondientes módulos y un Panel operador industrial, con el soporte de un asistente de ingeniería, se requieren recorrer las respectivas tareas básicas a desarrollar para el logro del objeto:

- Implementar el método del Diseño Concurrente para el diseño y la implementación del sistema final. Se requiere adaptar el desarrollo a un método de diseño como el planteado en la presente propuestas. Para ello deben estar en acuerdo las partes involucradas en el aspecto de diseño del sistema – Personal de Kamati – en pro del logro de resultados que concuerden a los esperados con la apropiación del presente método. Este rol será asumido por el asistente de Ingeniería.
- Estudio de generalidades de una Caldera Acuotubular y las variables que se deben de tener en cuenta para el control y monitoreo del proceso de la misma. Uno de los pasos fundamentales para percibir el camino a seguir en la formulación del método y en la implementación del mismo es conocer la base sobre la cual se

aplicarán los conceptos de diseño. Para ello debemos de reconocer el sistema, sus correspondientes subsistemas y su descomposición funcional

- Realizar un HMI para el monitoreo y mando de las variables de proceso. Se requiere implementar el HMI del proceso, en la aplicación Protool Pro para ser operado desde un panel operador OP270-10" de la marca Siemens, con las premisas de diseño entregadas por un estudio hacia el proceso y hacia el cliente.
- Entender el esquema de control de proceso para la aplicación industrial en el software Step7 de Siemens. Se debe reconocer la norma de programación, para entender los esquemas de control, los tags del cliente para conocer las variables a emplear, y así entender cada subsistema funcional y su correspondiente estrategia de control y supervisión. Se necesita conocer las estrategias de proceso, ladder de alarmas y demás ladder anexo.
- Desarrollar un Manual de Usuario consecuente con el desarrollo, que sea de fácil apropiación para el usuario final. Para la apropiación de la herramienta de monitoreo y mando es pertinente el diseño de un manual con enfoque al usuario final, con el fin que lo capacite en el correcto manejo y administración del sistema y como superar posibles fallas. Para ello requerimos la aplicación en su fase de puesta a punto del sistema funcional y reconocer el desarrollo como producto.
- Realizar la Ingeniería de integración entre PLC, HMI y el Controlador del Quemador de la Caldera Acuotubular del Proyecto. Se debe diseñar la red que permitirá integrar los diferentes elementos de campo que se enlazan al sistema. Este proceso deberá ser orientado y configurado por Kamati, conectado por Colmáquinas. Para ello se requiere conocer los diferentes protocolos de comunicación inmersos en los dispositivos de campo que se requiere se

comuniquen y diseñar una red que admita su modo de comunicarse con su periferia.

- Desarrollar un artículo con normas estándar de producción para presentar en un congreso de Ingeniería en la Universidad del Cauca en el mes de Mayo del presente año y como producción de la pasantía. Se requiere terminar el proceso de Ingeniería Básica, Conceptual y de detalle del diseño de este sistema para escribir un artículo que sustente y presente el desarrollo ante la comunidad. Para ello se requieren las conclusiones del desarrollo y la culminación de la etapa de pruebas y refinamiento del producto.

1.6.1.5 Planteamiento de la Misión. La misión del diseño del producto es identificada con los elementos dispuestos en la siguiente tabla 5:

Tabla 5. Planteamiento de la Misión

Descripción del Producto:	Diseño e implementación de HMI para una Caldera Acuotubular en un Panel Operador Industrial OP270 10", comandado por un controlador programable.
Principales objetivos del mercado:	Introducción para el mes de Noviembre de 2006.
Mercado primario:	Turnos de Operarios de la zona de calderas de DPA Colombia
Mercado secundario:	Ingenieros de planta de la zona de producción.
Premisas y restricciones:	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil apropiación por parte del usuario final • Para la implementación se dispone del software Protool Pro de Siemens • Facilidad de navegación de pantallas

	<ul style="list-style-type: none"> • Confiable para la atención de fallas. • Buena estética (diseño industrial). • Enfoque de diseño hacia la conectividad con una arquitectura con red MPI o Profibus DP. • Norma SAMA para control industrial de procesos. • Norma IEC 61131-3 para programación industrial. • Norma Colombiana RETIE para esquemas y conexionado eléctrico.
Partes implicadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Usuarios – Operarios en Planta de Calderas • Personal de Ingeniería de Kamati Ltda. • Personal de producción de DPA Colombia • Ingeniero de proceso de Colmáquinas construcciones • Ingeniero de Instrumentación de Colmáquinas construcciones

Fuente: Diseño propio

Con el planteamiento de la misión se da la idea general del proyecto; el objetivo de este es abrir el camino hacia el desarrollo del producto.

A continuación se empieza por establecer las necesidades del cliente; las cuales nos orientan de manera precisa hacia el desarrollo del producto final.

1.6.1.6 Identificación de las necesidades del cliente. Para el desarrollo de la solución, se partió del acopio de requerimientos de proceso, peticiones del cliente, requisitos de operación segura y amigable, elementos que reflejaban premisas de diseño. Para ello se procedió a realizar una búsqueda interna con el equipo de

trabajo y externa con el cliente (Ver Capítulo 2), obteniendo los siguientes resultados:

Necesidad 1. Las pantallas del proceso deben ser claras y ordenadas con lo que se aprecia físicamente de la caldera para su fácil supervisión.

Necesidad 2. En la pantalla se deberán observar las variables de cada uno de los procesos, según corresponda.

Necesidad 3. La pantalla mostrará gráficas de diferentes variables de la caldera.

Necesidad 4. El sistema tendrá las debidas opciones de seguridad para que el operario pueda manejarlo con facilidad y seguridad.

Necesidad 5. Debe ser fácil de usar.

Necesidad 6. En caso de falla o dudas se debe contar con un elemento de consulta.

Necesidad 7. El diseño debería realizarse con el soporte de las mejores herramientas del fabricante para la operación cómoda y segura para el usuario.

Necesidad 8. El desarrollo debe contar con las normas de trabajo establecidas como requerimientos para la solución.

1.6.1.7 Interpretación de las necesidades del Cliente. Las siguientes son las interpretaciones dadas a las necesidades puntuales aportadas por el cliente:

Necesidad 1. La implementación del HMI debe ser ordenada en subsistemas consecuentemente con el desarrollo físico y operativo de la máquina desde donde se podrán efectuar operaciones de monitoreo y mando.

Necesidad 2. El sistema deberá estar en capacidad de recibir y mostrar adecuadamente variables tanto del tipo análogo como digital y lograr realizar su correspondiente monitoreo y/o mando, por medio de una óptima arquitectura de control de proceso.

Necesidad 3. El sistema estará en capacidad de realizar gráficas de diversas variables de proceso.

Necesidad 4. El sistema estará respaldado con pantallas de paro y alarma para cada uno de los subprocesos, según corresponda y su operación será amigable y confiable.

Necesidad 5. La navegabilidad del sistema será óptima, en la medida de agilizar y asegurar su correcto uso por parte del usuario final.

Necesidad 6. Existirán pantallas con textos de ayuda para las diversas fallas y alarmas con el enfoque de resolución de conflictos y administración adecuada del sistema.

Necesidad 7. El panel operador será diseñado para ser administrado e integrado con las diferentes opciones de configuración que aporta el fabricante para pantallas de este tipo.

Necesidad 8. Se conservaran para el diseño la norma SAMA para el control de procesos, la norma IEC para la programación industrial y la norma colombiana RETIE para los esquemas y conexiones eléctricos.

Posteriormente, se dio paso a la interpretación de las necesidades con las premisas de esta búsqueda externa de necesidades con el cliente, donde se

encontró que se requieren particularmente para el presente proyecto los siguientes aspectos generales:

- Orden Jerárquico de pantallas. Las pantallas poseen un orden Jerárquico, el cual se usó para realizar los enlaces pertinentes desde una pantalla de mandos centrales. Análogamente tienen prioridad las fallas de proceso ante cualquier evento programado, acción soportada por el hardware.
- Número de Pantallas. El número de pantallas cotizadas por Kamati no tiene un límite específico, para estas el cliente opta por elaborar un esbozo de las mismas, las cuales son entregadas a Kamati para la implementación según los parámetros de diseño elegidos. Igualmente esta condición es soportada por el Hardware.
- Soporte de variables análogas. La interfase soporta el monitoreo y la manipulación de variables del tipo analógico, empleadas para set point de proceso, rangos de operación, registro de medición, entre otras tareas.
- Soporte de Variables Digitales. La interfase soporta el monitoreo y la manipulación de variables del tipo digital, empleadas para, rangos de operación, estados de proceso, registro de medición, entre otras tareas.

- Pantallas de proceso. El proceso requiere ser representado por diversas pantallas que ilustren los subsistemas que lo componen, sus variables de campo, estados actuales y reflejos de las acciones de control en tiempo casi real. Es factible que con la integración al PLC se logre una buena percepción del proceso por parte del usuario, sumando a ello una buena disección de los diferentes subsistemas, en conformidad con las proporciones de diseño del producto comparativamente con las dimensiones del proceso.
- Pantallas de gráficos y Tendencias. Se requería graficar en tiempo de operación, el registro de diferentes procesos. Igualmente almacenar datos para diferir tendencias de diversos procesos, elemento igualmente soportado por el hardware.
- Pantallas de alarmas y fallas. Se requiere desplegar en cualquier momento, a petición del operador o del PLC, pantallas de los subsistemas o para el presente análisis de alarmas y/o fallas de proceso. Para ello el hardware y software soporta que ante cualquier irregularidad del sistema e independientemente de la pantalla en la que se encuentre un transito inmediato al HMI correspondiente para que se realice el tratamiento debido de las mismas.
- Mandos por medio del teclado y del ratón. Los mandos referentes al proceso se deben lograr realizar por medio de dos mecanismos: el teclado integrado al dispositivo y un ratón igualmente dispuesto para ello.
- Seguimiento de Normatividad SAMA, IEC y RETIE. La programación de las estrategias de control de la caldera, será entregada por Colmáquinas a Kamati en norma SAMA para el control de procesos y los esquemas de conexonado con norma RETIE para las conexiones eléctricas; la programación de alarmas, mando

de motores y bombas se realizará en lenguaje escalera (ladder) y la estrategia de regulación en CFC (Carta de Flujo Continuo), siguiendo la norma IEC 61131-3.

1.6.1.8 Acopio de material de proceso como herramienta para el diseño – Búsqueda Interna y Externa. Para el desarrollo de la solución, es pertinente conocer los siguientes factores claves para el diseño, como mecanismo de acopio de material que realmente aporte al mismo y que emane de las necesidades concretas del cliente, por medio de la respuesta a las consultas que se exponen, luego de comprender las necesidades percibidas en reuniones de ingeniería para el desarrollo:

Que espera el cliente. El Cliente espera administrar su proceso con los siguientes criterios de diseño:

- Monitoreo y mando remoto de variables del sistema global y de pequeños subsistemas
- Gestión de alarmas y fallas de proceso
- Esquemas de cada subsistema
- Fácil y rápida operación
- Seguridad y confiabilidad en el monitoreo y mando

Que requiere el proceso. El proceso requiere un sistema supervisorio que permite realizar monitoreo y mando remoto del sistema, para ello el proceso requiere:

- Modos automático y manual de arranque del sistema
- Tendencias de proceso
- Monitoreo constante de variables, detección de fallas de control de proceso y posibles averías
- Supervisión del proceso del quemador
- Operatividad clara y rápida desde el panel de operación

Que se puede hacer. El sistema destinado soporta los requerimientos del cliente y del proceso, por ello finalmente tenemos claro que es lo que se hará, logrando responder la siguiente pregunta final acerca de que material se requiere:

- Imágenes. Imágenes de proceso que ilustren claramente lo que se requiere con estados de operación.
- Planos. Planos de diseño estructural y eléctrico de la Caldera Acuotubular en formato digital, y arquitectura de proceso.
- Manuales. Manual Panel Operado, PLC, Quemador y Controlador del Quemador.
- Mímicos de proceso. Mímicos del proceso que esperaríamos lograr operar el usuario final, según el ingeniero de proceso de Colmáquinas
- Tags. Listado de variables de proceso, con sus correspondientes Tags y formato de operación.

1.6.1.9 Organización de las necesidades en grupos y jerarquías. Las necesidades identificadas se clasifican en grupos y según su jerarquía establecida por la organización de importancia para consumirlas en un orden lógico y área específica, con el objetivo de particularizar aun más las tareas a desarrollar especificadas posteriormente:

Eficiencia

Necesidad 1. La implementación del HMI debe ser ordenada en subsistemas consecuentemente con el desarrollo físico y operativo de la máquina desde donde se podrán efectuar operaciones de monitoreo y mando.

Necesidad 5. La navegabilidad del sistema será óptima, en la medida de agilizar y asegurar su correcto uso por parte del usuario final.

Tareas

Necesidad 2. El sistema deberá estar en capacidad de recibir y mostrar adecuadamente variables tanto del tipo análogo como digital y lograr realizar su correspondiente monitoreo y/o mando, por medio de una óptima arquitectura de control de proceso.

Necesidad 3. El sistema estará en capacidad de realizar graficas de diversas variables de proceso.

Mantenimiento

Necesidad 6. Existirán pantallas con textos de ayuda para las diversas fallas y alarmas con el enfoque de resolución de conflictos y administración adecuada del sistema.

Seguridad

Necesidad 4. El sistema estará respaldado con pantallas de paro y alarma para cada uno de los subprocesos, según corresponda y su operación será amigable y confiable.

Integrabilidad

Necesidad 7. El panel operador será diseñado para ser administrado e integrado con las diferentes opciones de configuración que aporta el fabricante para pantallas de este tipo.

Necesidad 8. Se conservaran para el diseño la norma SAMA para el control de procesos, la norma IEC para la programación industrial y la norma colombiana RETIE para los esquemas y conexiones eléctricos.

1.6.1.10 Importancia relativa de las necesidades del cliente. En el siguiente cuadro se muestran las necesidades del cliente clasificadas por tipo según su relación con las funciones del dispositivo o si requieren de la intervención directa del software para lograr su propósito.

Igualmente se caracterizan según su importancia, tomando como la mayor puntuación el uno y la de menor importancia las cercanas a cinco, con el objetivo de categorizar cada una de ellas hacia su importancia en el desempeño de las soluciones a implementar – Tabla 6.

Tabla 6. Importancia relativa de las necesidades del cliente

#	Tipo	Necesidad	Importancia
1	Dispositivo	La implementación del HMI debe ser ordenada en subsistemas consecuentemente con el desarrollo físico y operativo de la máquina desde donde se podrán efectuar operaciones de monitoreo y mando.	4
2	Software	El sistema deberá estar en capacidad de recibir y mostrar adecuadamente variables tanto del tipo análogo como digital y lograr realizar su correspondiente monitoreo y/o mando, por medio de una óptima arquitectura de control de proceso.	4
3	Dispositivo	El sistema estará en capacidad de realizar graficas de diversas variables de proceso.	3
4	Software	El sistema estará respaldado con pantallas de paro y alarma para cada uno de los subprocesos, según corresponda y su operación será amigable y confiable.	4
5	Dispositivo	La navegabilidad del sistema será óptima, en la medida de agilizar y asegurar su correcto uso por parte del usuario final.	5
6	Software	Existirán pantallas con textos de ayuda para las diversas fallas y alarmas con el	3

		enfoque de resolución de conflictos y administración adecuada del sistema.	
7	Software	El panel operador será diseñado para ser administrado e integrado con las diferentes opciones de configuración que aporta el fabricante para pantallas de este tipo.	2
8	Software	Se conservaran para el diseño la norma SAMA para el control de procesos, la norma IEC para la programación industrial y la norma colombiana RETIE para los esquemas y conexiones eléctricos.	4

Fuente: Diseño propio

1.6.1.11 Medidas y Unidades. La siguiente tabla 7 contiene las medidas, unidades y especificaciones métricas del diseño.

Tabla 7. Métricas

#	# Necesidad	Métrica	Importancia	Unid.
1	1,2,5,6	Mandos	2	Lista 1
2	1,4,5,7	Adaptabilidad	3	Subj.
3	1,4,5,8	Orden	3	Bin.
4	2,3	Tipo Variables	2	Lista 2
5	3	Capacidad de Graficación	4	Bin.
6	4,5,6,8	Confiabilidad	4	Subj.
7	4,5	Navegabilidad	3	Subj.
8	1,4,5,7	Estética del Diseño	2	Subj.
9	1	Número de Pantallas	1	Dec.
10	4,6	Ayuda al Operador	5	Bin.
11	2	Velocidad de Transferencia	3	Kbit/s
12	1,2,3,7	Integrabilidad	5	Subj.
13	8	Normatividad	4	Lista 3

14	2,4,6	Nivel de Seguridad	3	Subj.
----	-------	--------------------	---	-------

Fuente: Diseño propio

Listas de tabla de métricas del producto:

Lista 1 – Operatividad

Operatividad 1. Teclas de Función

Operatividad 2. Ratón

Operatividad 3. Táctil

Operatividad 4. Teclado interno de Pantalla

Lista 2 – Tipo de Variables

Tipo de Variables 1. Entrada Análogas

Tipo de Variables 2. Salida Análogas

Tipo de Variables 3. Entrada Digital

Tipo de Variables 4. Salida Digital

Lista 3 – Normatividad

Normatividad 1. SAMA

Normatividad 2. IEC

Normatividad 3. RETIE

En su gran mayoría son valores Subjetivos que representan el gran contenido de desarrollo de software que contiene el producto final.

1.6.1.12 Evaluación de medidas en productos competidores. Las métricas arrojadas por el anterior proceso, son comparadas con otros productos disponibles en el mercado, que realizan o tienen funciones similares. Inicialmente se describen y posteriormente en la tabla 8, se comparan la existencia de estas métricas en estos productos.

El proceso es conocido como Benchmarking competitivo, particularmente para este caso entre diferentes diseños de integraciones de sistemas entre autómatas, elementos de campo y pantallas de monitoreo y mando para diferentes procesos.

Los diseños considerados son:

- Sistema de monitoreo y mando de los servicios generales de una planta productora de rejillas para baterías, con red profibus para drives de motores y dos esclavos S7200 y profibus sobre fibra óptica para otro esclavo S7200, con un PLC maestro S7300, Pantalla Siemens **MP370 15" Táctil**.
- **HMI en PC** para el monitoreo y mando de ollas pre-cocinadoras de recetas, para una Dulcería por medio de red ethernet con protocolo Modbus para conectividad de equipos de registro de peso de ollas y supervisión del nivel de tanques automatizados con un S7200.
- Pantalla Siemens **TP170 10" Táctil**, para el monitoreo y mando de un sistema de torre de enfriamiento de agua, distribución de agua fría y filtrado de agua con red profibus para drives de motores, enlace por fibra óptica con tablero principal y PLC S7200 para su automatización.
- Controladores de lazos independientes de presión, temperatura y humedad dispuestos en un tablero para una Caldera pirotubular utilizada en la generación

de vapor en Colombiana S.A. Su control se ajusta por medio de **Displays de texto con botones**, independientes en cada uno de ellos. Igualmente se cuenta con sensores de presión, corriente, temperatura, entre otros necesarios dispuestos en el tablero de control principal por medio de indicadores de campo analógicos. Contiene un panelar con lógica cableada para algunas de sus funciones de control con sus correspondientes accionamientos e indicadores. El quemador posee un maestro de proceso Honeywell con indicador de funcionamiento similar a los anteriores.

Tabla 8. Bechmarking Competitivo

#	# Necesidad	Métrica	Importancia	Unid.	MP370 15" Táctil	HMI en PC	TP170 10" Táctil	Display de texto con botones	OP 270 10"
1	1,2,5,6	Mandos	2	Lista 1	3	2	3	1	1,2
2	1,4,5,7	Adaptabilidad	3	Subj.	4	4	2	1	3
3	1,4,5,8	Orden	3	Bin.	4	5	5	3	5
4	2,3	Tipo Variables	2	Lista 2	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas
5	3	Capacidad de Graficación	4	Bin.	1	1	0	0	1
6	4,5,6,8	Confiabilidad	4	Subj.	5	4	4	3	5
7	4,5	Navegabilidad	3	Subj.	5	5	3	2	5
8	1,4,5,7	Estética del Diseño	2	Subj.	5	5	3	2	5
9	1	Número de Pantallas	1	Dec.	32	16	9	0	45
10	4,6	Ayuda al Operador	5	Bin.	1	1	0	0	1
11	2	Velocidad de Transferencia de red de control	3	Kbit/s	93,7	9,6	9,6	---	187,5
12	1,2,3,7	Integrabilidad	5	Subj.	5	3	4	0	5
13	8	Normatividad	4	Lista 3	2,3	3	2,3	3	Todas
14	2,4,8	Autómata	5	Bin.	1	0	1	0	1
15	1,2	Arquitectura de red de control Industrial	4	Bin.	1	1	1	0	1
16	2,4,6	Nivel de Seguridad	3	Subj.	3	5	3	0	3

Fuente: Diseño propio

1.6.1.13 Evaluación de la satisfacción de las necesidades del cliente en los productos competidores. Los productos competidores se evalúan en la medida de la satisfacción que aportan a las necesidades del cliente final, tomando como el mayor grado de satisfacción el cinco y el menor grado el cero - tabla 9.

Tabla 9. Satisfacción de necesidades en productos competidores

#	Tipo	Necesidad	MP370 15" Táctil	HMI en PC	TP170 10" Táctil	Display de texto con botones
1	Dispositivo	La implementación del HMI debe ser ordenado en subsistemas consecuentemente con el desarrollo físico y operativo de la máquina desde donde se podrán efectuar operaciones de monitoreo y mando.	5	3	4	1
2	Software	El sistema deberá estar en capacidad de recibir y mostrar adecuadamente variables tanto del tipo análogo como digital y lograr realizar su correspondiente monitoreo y/o mando, por medio de una óptima arquitectura de control de proceso.	3	2	4	3
3	Dispositivo	El sistema estará en capacidad de realizar graficas de diversas variables de proceso.	3	5	0	0

4	Software	El sistema estará respaldado con pantallas de paro y alarma para cada uno de los subprocesos, según corresponda y su operación será amigable y confiable.	5	3	3	1
5	Dispositivo	La navegabilidad del sistema será óptima, en la medida de agilizar y asegurar su correcto uso por parte del usuario final.	5	5	4	2
6	Dispositivo	Existirán pantallas con textos de ayuda para las diversas fallas y alarmas con el enfoque de resolución de conflictos y administración adecuada del sistema.	3	0	2	0
7	Software	El panel operador será diseñado para ser administrado e integrado con las diferentes opciones de configuración que aporta el fabricante para pantallas de este tipo.	4	3	4	4
8	Dispositivo	Se conservaran para el diseño la norma SAMA para el control de procesos, la norma IEC para la programación industrial y la norma colombiana RETIE para los esquemas y conexiones eléctricos.	3	3	2	3

Fuente: Diseño propio

1.6.1.14 Especificaciones preliminares del diseño. A continuación, se presenta la tabla 10 con el resumen del análisis de las necesidades del cliente de los últimos ítems estudiados, donde se observan las especificaciones preliminares del diseño en términos acotados:

Tabla 10. Especificaciones Preliminares

#	# Necesidad	Métrica	Importancia	Unid.	Valores Preliminares
1	1,2,5,6	Mandos	2	Lista 1	1,2
2	1,4,5,7	Adaptabilidad	3	Subj.	3
3	1,4,5,8	Orden	3	Bin.	1
4	2,3	Tipo Variables	2	Lista 2	Todas
5	3	Capacidad de Graficación	4	Bin.	1/0
6	4,5,6,8	Confiabilidad	4	Subj.	4
7	4,5	Navegabilidad	3	Subj.	5
8	1,4,5,7	Estética del Diseño	2	Subj.	4
9	1	Número de Pantallas	1	Dec.	30
10	4,6	Ayuda al Operador	5	Bin.	1/0
11	2	Velocidad de Transferencia de red de control	3	Kbit/s	>93,7
12	1,2,3,7	Integrabilidad	5	Subj.	4
13	8	Normatividad	4	Lista 3	Todas
14	2,4,8	Autómata	5	Bin.	1
15	1,2	Arquitectura de red de control Industrial	4	Bin.	1
16	2,4,6	Nivel de Seguridad	3	Subj.	3

Fuente: Diseño propio

Para consolidar el desarrollo a este punto, se realizó previamente un análisis de Benchmarking competitivo lo cual contribuyó a despejar dudas, confirmar hipótesis y la generación de conceptos sobre el diseño.

Se realizó estableciendo comparaciones entre el HMI para el control de otros procesos y los diálogos de control y gestión de datos (controladores, paneles de texto, accionamientos manuales, indicadores, entre otros) que de diversos modos se han implementado por el fabricante de calderas con diversos equipos destinados para ello. Igualmente con las especificaciones dadas por el Software de desarrollo de HMI y de estrategias de control STEP7 y la potencialidad de las herramientas ofrecidas por la OP270 y la CPU del desarrollo, se fundamentó el estudio. Estas herramientas se analizaron a partir de la búsqueda interna y externa, que arrojó resultados relevantes que nutrieron los conceptos aportados para el diseño, permitiendo aclarar muchos de los aspectos a tener en cuenta para el mismo y la posterior implementación del producto.

1.7 PROCESO DE DESARROLLO CONCEPTUAL

1.7.1 FASE 2: Desarrollo Conceptual – Ingeniería Básica. Esta fase del proceso de diseño, contempla la asimilación de las necesidades del cliente como premisas de diseño con las que se inicia el desarrollo de las labores de ingeniería como punto de partida y la recopilación de datos de campo que no se obtuvieron en la anterior fase, que pretenda establecer un desarrollo conceptual por medio de la generación de conceptos, descomposición funcional, análisis de subsistemas y finaliza con la selección del concepto más prometedor; esta fase está comprendida por los siguientes apartes:

1.7.1.1 Estudio de Hardware de trabajo disponible para la integración – Arquitectura

1.7.1.2 Variables: Entradas y Salidas del sistema

1.7.1.3 Recolección de la información base del proyecto, herramientas de desarrollo, planos, manuales, software, hardware entre otros disponibles para la implementación

1.7.1.4 Generación de Conceptos

1.7.1.5 Descomposición funcional

1.7.1.6 Árboles de Clasificación de Subfunciones Críticas

1.7.1.7 Combinación de conceptos

1.7.1.8 Selección de Concepto

1.7.1.1 Estudio de Hardware de trabajo disponible para la integración – Arquitectura. La integración consta de los presentes equipos:

- PLC Siemens S7300 CPU 315-2DP
- Módulos de entradas y salidas para señales y accionamientos de Caldera
- Panel Operador OP270
- Controlador Quemador Lamtec FMS5
- Quemador de Caldera OERTLI INDUFLAME
- Estación de Ingeniería

Con ellos el paso inicial es la creación de una arquitectura funcional que permita su correspondiente integración. Para ello es necesario recorrer los aspectos de conectividad con que cuentan cada uno de los equipos y así delimitar las opciones de enlace para la construcción de una arquitectura óptima para el desarrollo

- PLC Siemens S7300 CPU 315-2DP. El PLC posee tres opciones de conectividad, las cuales se utilizaron consecuentemente para la arquitectura del desarrollo. El primero de los puertos posee enlace MPI y Profibus DP, el segundo Profibus DP y la tercera opción es para enlazar módulos de la familia S7300 en serie con la CPU, con enlace físico y protocolo propietario del fabricante.

Según las características del proyecto expuestas en reuniones de ingeniería por el ingeniero de proceso de Colmáquinas, se advierte de la magnitud del proceso y las estaciones de control a los programadores de Kamati. Por ello el Jefe de Ingeniería de Kamati, advierte que la CPU seleccionada por el cliente se puede quedar bastante corta en espacio para alojar el programa, así la memoria que se utilice sea de 256Kbytes. Igualmente se sugiere revisar la totalidad de las entradas y salidas del sistema para conocer la suficiencia según los equipos disponibles. En

el diseño detallado se conocerán las conclusiones de estos aspectos del desarrollo.

La correcta conectividad es uno de los puntos fundamentales en la creación y configuración de la topología de la red entre los equipos de la integración. A la CPU se deben enlazar cada uno de los elementos de manera óptima bajo los conceptos fundamentales de redes de control industrial:

- Tiempo de gestión de datos – Velocidad de Comunicación
- Protocolo de Comunicación – Nivel Físico
- Distancia de nodos de enlace

Con estos elementos, se debe consultar seguidamente la tipología del enlace con los parámetros base anteriormente dados.

- Módulos de entradas y salidas para señales y accionamientos de Caldera. Los módulos para entradas y salidas análogas y digitales correspondientemente, poseen conectividad gracias al diseño modular aportado por el fabricante de hasta 8 módulos por rack o riel. Igualmente existe una solución de puente de enlace para módulos entre rieles a una distancia corta por medio de los módulos IM o por enlace Profibus DP para distancias más largas que conserve los parámetros de transmisión de este protocolo, por medio de módulos ET200, los cuales captan las señales de campo pertinentes con las mismas características de un PLC y sin procesar la información, la envían directamente por la red de control, análogamente sucede con los mandos de proceso transferidos por este medio.

Seguidamente se estudia y se hace un comparativo entre el número de entradas y salidas análogas y digitales correspondientemente para determinar la suficiencia de la existencia de equipos para la automatización. Según el inventario de

equipos, la cantidad de entradas y salidas requeridas por el sistema supera la cantidad de módulos destinados por el cliente para la aplicación, razón por la cual se sugiere por parte de Kamati la compra de los módulos faltantes para el normal desarrollo de la estrategia de control.

Pero el estudio igualmente arroja que si se adhieren los módulos faltantes al sistema, se superan los módulos que de este tipo tiene destinado el fabricante para un riel, por lo tanto se deben enlazar dos de ellos con un módulo de comunicación de racks local como el expuesto anteriormente. El módulo como se anunció posee el mismo mecanismo de comunicación entre módulos y un cable adicional que comunica cada rack, lo cual concluye el requerimiento de equipos para la automatización.

En los anexos se encuentra el listado completo de equipos y una breve descripción de características y cantidades utilizadas en la integración.

- Panel Operador OP270. El panel Operador posee los siguientes puertos de comunicación:
 - 1 RS232
 - 1 RS485
 - 1 USB
 - 1 Slot para tarjeta CF

Se requiere enlazarlo como maestro al PLC e igualmente conectarle un ratón para labores de mando del sistema. Por el RS485, se puede aprovechar el enlace MPI o el DP y por el RS232 o el USB se puede conectar el ratón. El sistema no cuenta con tarjeta CF por lo tanto este Slot estará vacío.

- Controlador Quemador de Caldera Lamtec FMS5. El Controlador de la Caldera, cuenta con las siguientes opciones de conectividad:
 - Profibus DP
 - Modbus

El protocolo se encuentra descrito en los manuales del presente equipo, lo cual facilita las labores de comunicación. Igualmente para la comunicación el administrador simatic requiere el archivo GSD para reconocerlo como periférico del sistema y enlazarlo al mismo como parte de la red de proceso y así permitir su configuración, asignación de etiquetas, espacios en memoria, entre otros.

- Quemador de Caldera OERTLI INDUFLAME. El quemador es uno de los principales actores de la gestión de la caldera en la industria. Del éxito de su función dependen la gran mayoría de la respuesta de las variables de proceso, pero su operación sólo puede ser exitosa gracias a la integrabilidad con un controlador del proceso de quema, autónomo y con las características de seguridad suficiente como para asumir decisiones de campo como maestro exclusivo del proceso.

Debe existir un lenguaje de comunicación entre el controlador y el equipo controlado, en este caso el conjunto del quemador, el cual involucra en el tren de quema dos combustibles habilitados para este tipo de quemador, más el aire y las correspondientes seguridades intrínsecas de sistema físico.

El Quemador proviene de la casa Suiza Oertli Induflame, especialista en este tipo de dispositivos, quien recomendó exclusivamente su modelo MSE-LE-35-46-NEL-N, para la gestión del dimensionamiento de esta Caldera. La familia MSE, se

conoce por el contenido de quema de al menos dos combustibles - el gas natural, el aceite ligero -.

Es un quemador tipo monoblock de alto desempeño, totalmente automático con un sistema de salida modulada y de regulación de su rendimiento para el proceso de quemando de cualquier de los combustibles ya sea el aceite ligero o el gas natural.

La regulación de aire de la combustión por medio de ventiladores, está montada en la parte inferior del albergue de la cavidad del quemador. El cañon de gas es mixto en el lado del soplador, para que una mezcla homogénea se cree dinámicamente. Esta mezcla es dividida entre una válvula de aire primaria y otra secundaria.

La corriente primaria de aire inicializa la combustión en primera instancia. Su flujo se controla de tal una manera que la llama se estabiliza por si misma y la llama elimina del corazón de la quema el combustible el sobrante. La corriente secundaria inicializa la combustión en segunda instancia. Su flujo es controlador (modulando sus ventiladores rotatorios) de tal una manera que una combustión comprensiva puede realizarse. La llama se lanza alrededor del centro del hogar para consumir el aire sobrante en el medio. El aire secundario es responsable de la óptima recirculación interna de gas en el cañón. Como resultado, la formación de explosiones puede reducirse a casi la combustión proporcional del combustible adecuado. Un controlador electrónico se usa para la regulación continua de la cantidad de combustible y la proporción exacta de aire de la combustión.

La secuencia funcional del proceso de encendido, es controla por una directiva de combustión automática, para este caso el Lamtec FMS5 qué, en conjunto con un sensor de llama supervisa el normal funcionamiento del dispositivo, certificando la

seguridad óptima en cada condición de operación. Un interruptor de deficiencia de ingreso de aire al sistema es instalado entre el soplador y las veletas de aire por el monitoreo del aire de la combustión.

La ignición de los dos medios se lleva a cabo con un piloto de quema de gas el cual se enciende por si mismo automáticamente por una chispa de alto voltaje. El piloto del quemador se opera con gas natural o con gas propano (proporcionado por cilindros de gas propano).

El quemador de aceite es cerrado por una válvula automática de cierre completo, mecánicamente se abre usando un cilindro neumático y se cierra por medio de un resorte. El cierre a cero se lleva a cabo por una apagada de aguja detrás del plato de retorno – Boquilla en Y. Las boquillas en Y se usan para la atomización de aceite, para aire o vapor.

La salida regulada del rendimiento del quemador tiene lugar por mando continuo del controlador FMS5. Un interruptor de presión en el tren de aceite realimenta la presión de la atomización mínima al controlador.

Durante el funcionamiento de gas, la llama es dividida en una llama principal (80% del total), sensando por fuera de la corriente de aire secundaria y una llama central (20% del total) en la corriente de aire primario.

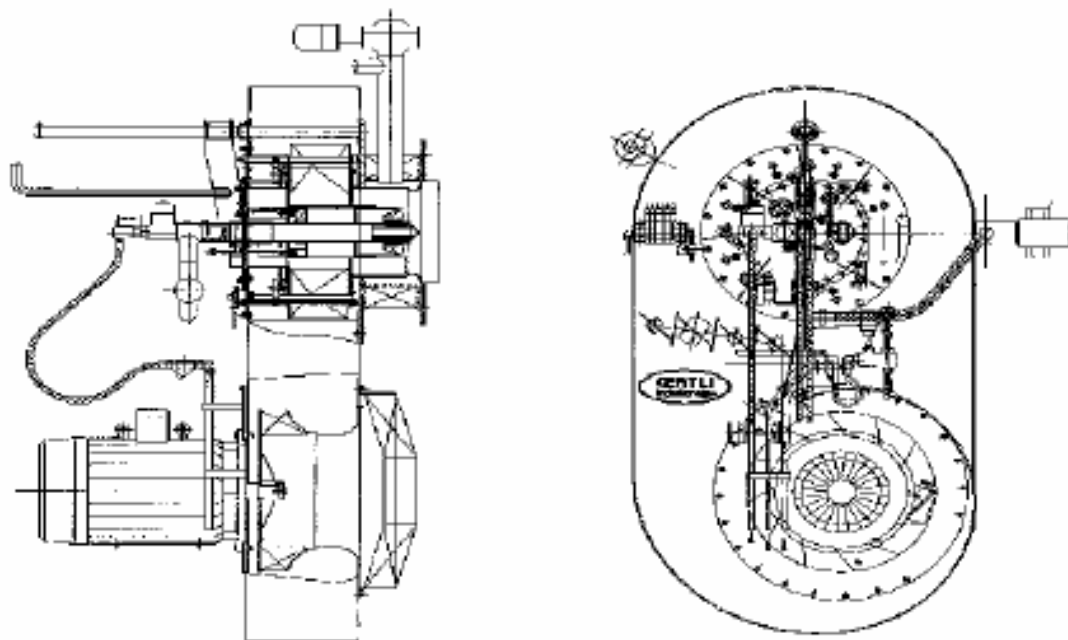
La salida regulada para el rendimiento del funcionamiento del tren de gas tiene lugar por medio de una válvula de regulación de gas que es continuamente ajustada por el FMS5.

Dos válvulas solenoide de gas colocadas una detrás de la otra previene escapes de gas cuando el quemador no está operando. Las dos válvulas del solenoide se

prueban ante fugas poniendo las válvulas totalmente automáticas para probar las instalaciones antes de cada procedimiento de encendido.

En los anexos se encontrarán las características aportadas por el fabricante para esta serie de quemadores. La Figura 17 contiene el esquema del quemador aportado por el fabricante:

Figura 17. Esquema del Quemador Oertli diseñado para Caldera DPA Colombia



OERTLI Induflame
Oertli Induflame AG, Bahnstr. 24, CH-8603 Schwerzenbach

Fuente: Catalogo de producto de la firma Oertly Induflame, articulo electrónico con referencia 2.2 Burner 9 – 31.pdf, entregado por el fabricante del producto al comprador, cortesía de Oertli Induflame, disponible en www.oertlyinduflame.com.

- Estación de Ingeniería. La estación empleada para el desarrollo de las aplicaciones es un PC tipo Portátil, con las siguientes especificaciones relevantes:

Hardware:

- Procesador P4 a 3.0 GB.
- Memoria RAM 1 GB.
- Disco Duro 80 GB.
- Video Tarjeta Aceleradora ATI
- Puertos Serial, USB
- Interface Cable Comunicación Profibus DP serial
Siemens

Software:

- Windows XP Professional version + SP2
- Windows 2000 Professional version + SP4
- Internet Explorer V6.0 + SP2
- Automation License Manager V2.1
- Simatic Protool/Pro CS V6.0 RC 1
- Simatic Protool/Pro Runtime RT V6.0 RC 1
- Simatic Step 7 Professional V5.3 + HF2 + Paquete programación CFC

1.7.1.2 Variables: Entradas y Salidas del sistema. Las entradas y salidas del sistema son presentadas por el ingeniero de proceso de Colmáquinas Construcciones, para su correspondiente utilización en las estrategias de control y desarrollo de la ingeniería básica. Igualmente se determina el búfer de intercambio de datos requerido con el Lamtec según el direccionamiento asignado en el administrador Simatic. La presente tabla 11, ilustra el contenido de variables, con su correspondiente descripción y asignación dentro de las estrategias de control.

Tabla 11. Listado I/O del sistema

TAG	DIRECCION	TIPO DATO	DESCRIPCIÓN
SALIDAS DIGITALES			
A0.0_ON_BOM_AG_ALI_01	A 12.0	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_AG_ALI_01
A0.1_FALLA_BOM_AG_ALI_01	A 12.1	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_AG_ALI_01
A0.2_ON_BOM_AG_ALI_02	A 12.2	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_AG_ALI_02
A0.3_FALLA_BOM_AG_ALI_02	A 12.3	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_AG_ALI_02
A0.4_ON_BOM_AG_ALI_03	A 12.4	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_AG_ALI_03
A0.5_FALLA_BOM_AG_ALI_03	A 12.5	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_AG_ALI_03
A0.6_ON_BOM_AG_ALI_04	A 12.6	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_AG_ALI_04
A0.7_FALLA_BOM_AG_ALI_04	A 12.7	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_AG_ALI_04
A1.0_ON_BOM_AG_ALI_05	A 13.0	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_AG_ALI_05
A1.1_FALLA_BOM_AG_ALI_05	A 13.1	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_AG_ALI_05
A1.2_ON_BOM_AG_ALI_06	A 13.2	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_AG_ALI_06
A1.3_FALLA_BOM_AG_ALI_06	A 13.3	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_AG_ALI_06
A1.4_ON_BOM_FUEL_1&2	A 13.4	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_FUEL 1&2
A1.5_FALLA_BOM_FUEL_01	A 13.5	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_FUEL_01
A1.6_FALLA_BOM_FUEL_02	A 13.6	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_FUEL_02
A1.7_ON_BOM_QUIM_01	A 13.7	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_QUIMI_01
A2.0_FALLA_BOM_QUIM_01	A 14.0	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_QUIM_01
A2.1_ON_AGIT_QUIM_01	A 14.1	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _AGIT_QUIMI_01
A2.2_FALLA_AGIT_QUIM_01	A 14.2	BOOL	PILOTO FALLA _AGIT_QUIM_01
A2.3_ON_BOM_QUIM_02	A 14.3	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _BOM_QUIMI_02
A2.4_FALLA_BOM_QUIM_02	A 14.4	BOOL	PILOTO FALLA _BOM_QUIM_02

A2.5_ON_AGIT_QUIM_02	A	14.5	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _AGIT_QUIMI_02
A2.6_FALLA_AGIT_QUIM_02	A	14.6	BOOL	PILOTO FALLA _AGIT_QUIM_02
A2.7_ON_SOPLAD_HOLLIN_01	A	14.7	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _SOPLAD_HOLLIN_01
A3.0_FALLA_SOP_HOLLIN_01	A	15.0	BOOL	PILOTO FALLA _SOPLAD_HOLLIN_01
A3.1_ON_SOPLAD_HOLLIN_02	A	15.1	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _SOPLAD_HOLLIN_02
A3.2_FALLA_SOP_HOLLIN_02	A	15.2	BOOL	PILOTO FALLA _SOPLAD_HOLLIN_02
A3.3_ON_SOPLAD_HOLLIN_03	A	15.3	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _SOPLAD_HOLLIN_03
A3.4_FALLA_SOP_HOLLIN_03	A	15.4	BOOL	PILOTO FALLA _SOPLAD_HOLLIN_03
A3.5_ON_SOPLAD_HOLLIN_04	A	15.5	BOOL	ORDEN PRENDER/APAGAR _SOPLAD_HOLLIN_04
A3.6_FALLA_SOP_HOLLIN_04	A	15.6	BOOL	PILOTO FALLA _SOPLAD_HOLLIN_03
A3.7_VTF_MANUAL	A	15.7	BOOL	ENCENDIDO VTF MANUAL
A4.0_SEL_ACPM_GAS	A	16.0	BOOL	SELECTOR ACPM(0)/GAS(1) / OP 270 / QUEMADOR
A4.1_SEL_AIRE_VAPOR	A	16.1	BOOL	SELECTOR ATOMIZADOR AIRE(0)/VAPOR(1) / OP 270 / QUEMADOR
A4.2_RESET_RELE_SEGURID	A	16.2	BOOL	RESET RELE SEGURIDAD (1) / QUEMADOR
A4.3_PARADA_EMERGENCIA	A	16.3	BOOL	PARADA DE EMERGENCIA (1) / QUEMADOR
A4.4_BURNER_OFF_ON	A	16.4	BOOL	BURNER OFF(0)/ ON(1) / QUEMADOR
A4.5_AUTO_VTF_START	A	16.5	BOOL	EN AUTO (ON QUEMADOR) VTF START / QUEMADOR
A4.6_RESERVA	A	16.6	BOOL	SALIDA RESERVA
A4.7_SALIDA_RES_03	A	16.7	BOOL	SALIDA RESERVA
A5.0_SONORA_F1	A	17.0	BOOL	ALARMA SONORA F1 / CALDERA / HORN 0 - PROCESO
A5.1_SONORA_F2	A	17.1	BOOL	ALARMA SONORA F2 / CALDERA / HORN 1- STATUS HARDWARE
A5.2_RUN_PLC	A	17.2	BOOL	PLC EN RUN
A5.3_SALIDA_RES_05	A	17.3	BOOL	SALIDA RESERVA
A5.4_SALIDA_RES_06	A	17.4	BOOL	SALIDA RESERVA
A5.5_SALIDA_RES_07	A	17.5	BOOL	SALIDA RESERVA
A5.6_SALIDA_RES_08	A	17.6	BOOL	SALIDA RESERVA
A5.7_SALIDA_RES_09	A	17.7	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.0_SALIDA_RES_10	A	18.0	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.1_SALIDA_RES_11	A	18.1	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.2_SALIDA_RES_12	A	18.2	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.3_SALIDA_RES_13	A	18.3	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.4_SALIDA_RES_14	A	18.4	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.5_SALIDA_RES_15	A	18.5	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.6_SALIDA_RES_16	A	18.6	BOOL	SALIDA RESERVA
A6.7_SALIDA_RES_17	A	18.7	BOOL	SALIDA RESERVA
A7.0_SALIDA_RES_18	A	19.0	BOOL	SALIDA RESERVA
A7.1_SALIDA_RES_19	A	19.1	BOOL	SALIDA RESERVA

A7.2_SALIDA_RES_20	A	19.2	BOOL	SALIDA RESERVA
A7.3_SALIDA_RES_21	A	19.3	BOOL	SALIDA RESERVA
A7.4_SALIDA_RES_22	A	19.4	BOOL	SALIDA RESERVA
A7.5_SALIDA_RES_23	A	19.5	BOOL	SALIDA RESERVA
A7.6_SALIDA_RES_24	A	19.6	BOOL	SALIDA RESERVA
A7.7_SALIDA_RES_25	A	19.7	BOOL	SALIDA RESERVA
ENTRADAS DIGITALES				
RUN_MOT_BOM_AG_1	E	0.0	BOOL	AUX (PUMP-BFW-01)[NA]
FALLA_MOT_BOM_AG_1	E	0.1	BOOL	(PUMP-BFW-01)[NA]
MAN_MOT_BOM_AG_1	E	0.2	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-BFW-01)[NC]
AUTO_MOT_BOM_AG_1	E	0.3	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-BFW-01)[NC]
RUN_MOT_BOM_AG_2	E	0.4	BOOL	AUX (PUMP-BFW-02)[NA]
FALLA_MOT_BOM_AG_2	E	0.5	BOOL	(PUMP-BFW-02)[NA]
MAN_MOT_BOM_AG_2	E	0.6	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-BFW-02) [NC]
AUTO_MOT_BOM_AG_2	E	0.7	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-BFW-02)[NC]
RUN_MOT_BOM_AG_3	E	1.0	BOOL	AUX (PUMP-BFW-03)[NA]
FALLA_MOT_BOM_AG_3	E	1.1	BOOL	(PUMP-BFW-03)[NA]
MAN_MOT_BOM_AG_3	E	1.2	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-BFW-03)[NC]
AUTO_MOT_BOM_AG_3	E	1.3	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-BFW-03)[NC]
RUN_MOT_BOM_AG_4	E	1.4	BOOL	AUX (PUMP-BFW-04)[NA]
FALLA_MOT_BOM_AG_4	E	1.5	BOOL	(PUMP-BFW-04)[NA]
MAN_MOT_BOM_AG_4	E	1.6	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-BFW-04)[NC]
AUTO_MOT_BOM_AG_4	E	1.7	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-BFW-04)[NC]
RUN_MOT_BOM_AG_5	E	2.0	BOOL	AUX (PUMP-BFW-05)[NA]
FALLA_MOT_BOM_AG_5	E	2.1	BOOL	(PUMP-BFW-05)[NA]
MAN_MOT_BOM_AG_5	E	2.2	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-BFW-05)[NC]
AUTO_MOT_BOM_AG_5	E	2.3	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-BFW-05)[NC]
RUN_MOT_BOM_AG_6	E	2.4	BOOL	AUX (PUMP-BFW-06)[NA]
FALLA_MOT_BOM_AG_6	E	2.5	BOOL	(PUMP-BFW-06)[NA]
MAN_MOT_BOM_AG_6	E	2.6	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-BFW-06)[NC]
AUTO_MOT_BOM_AG_6	E	2.7	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-BFW-06)[NC]
RUN_MOT_BOM_FUEL_1	E	3.0	BOOL	AUX (PUMP-FO2-01)[NA]
FALLA_MOT_BOM_FUEL_1	E	3.1	BOOL	(PUMP-FO2-01)[NA]
MAN_MOT_BOM_FUEL_1&2	E	3.2	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-FO2-01)[NC]
AUTO_MOT_BOM_FUEL_1&2	E	3.3	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-FO2-01)[NC]
RUN_MOT_BOM_FUEL_2	E	3.4	BOOL	AUX (PUMP-FO2-02)[NA]
FALLA_MOT_BOM_FUEL_2	E	3.5	BOOL	(PUMP-FO2-02)
RUN_MOT_BOM_QUIM_1	E	3.6	BOOL	AUX (PUMP-CHEM-01)[NA]
FALLA_MOT_BOM_QUIM_1	E	3.7	BOOL	(PUMP-CHEM-01)[NA]
MAN_MOT_BOM_QUIM_1	E	4.0	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-CHEM-01)[NC]
AUTO_MOT_BOM_QUIM_1	E	4.1	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-CHEM-01)[NC]
RUN_MOT_AGIT_QUIM_1	E	4.2	BOOL	AUX (MIX-CHEM-01)[NA]
FALLA_MOT_AGIT_QUIM_1	E	4.3	BOOL	(MIX-CHEM-01)[NA]

MAN_MOT_AGIT_QUIM_1	E	4.4	BOOL	SEL_POS_MAN (MIX-CHEM-01)
AUTO_MOT_AGIT_QUIM_1	E	4.5	BOOL	SEL_POS_AUTO (MIX-CHEM-01) SEL_POS_AUTO
RUN_MOT_BOM_QUIM_2	E	4.6	BOOL	AUX (PUMP-CHEM-02)[NA]
FALLA_MOT_BOM_QUIM_2	E	4.7	BOOL	(PUMP-CHEM-02)[NA]
MAN_MOT_BOM_QUIM_2	E	5.0	BOOL	SEL_POS_MAN (PUMP-CHEM-02)[NC]
AUTO_MOT_BOM_QUIM_2	E	5.1	BOOL	SEL_POS_AUTO (PUMP-CHEM-02)[NC]
RUN_MOT_AGIT_QUIM_2	E	5.2	BOOL	AUX (MIX-CHEM-02)[NA]
FALLA_MOT_AGIT_QUIM_2	E	5.3	BOOL	(MIX-CHEM-02)[NA]
MAN_MOT_AGIT_QUIM_2	E	5.4	BOOL	SEL_POS_MAN (MIX-CHEM-02)[NC]
AUTO_MOT_AGIT_QUIM_2	E	5.5	BOOL	SEL_POS_AUTO (MIX-CHEM-02)[NC]
RUN_SOPLAD_HOLLIN_01	E	5.6	BOOL	AUX (SB-01)[NA]
FALLA_SOPLAD_HOLLIN_01	E	5.7	BOOL	(SB-01)[NA]
MAN_SOPLAD_HOLLIN_01	E	6.0	BOOL	SEL_POS_MAN (SB-01)[NC]
AUTO_SOPLAD_HOLLIN_01	E	6.1	BOOL	SEL_POS_AUTO (SB-01)[NC]
RUN_SOPLAD_HOLLIN_02	E	6.2	BOOL	AUX (SB-02)[NA]
FALLA_SOPLAD_HOLLIN_02	E	6.3	BOOL	(SB-02)[NA]
MAN_SOPLAD_HOLLIN_02	E	6.4	BOOL	SEL_POS_MAN (SB-02)[NC]
AUTO_SOPLAD_HOLLIN_02	E	6.5	BOOL	SEL_POS_AUTO (SB-02)[NC]
RUN_SOPLAD_HOLLIN_03	E	6.6	BOOL	AUX (SB-03)[NA]
FALLA_SOPLAD_HOLLIN_03	E	6.7	BOOL	(SB-03)[NA]
MAN_SOPLAD_HOLLIN_03	E	7.0	BOOL	SEL_POS_MAN (SB-03)[NC]
AUTO_SOPLAD_HOLLIN_03	E	7.1	BOOL	SEL_POS_AUTO (SB-03)[NC]
RUN_SOPLAD_HOLLIN_04	E	7.2	BOOL	AUX (SB-04)[NA]
FALLA_SOPLAD_HOLLIN_04	E	7.3	BOOL	(SB-04)[NA]
MAN_SOPLAD_HOLLIN_04	E	7.4	BOOL	SEL_POS_MAN (SB-04)[NC]
AUTO_SOPLAD_HOLLIN_04	E	7.5	BOOL	SEL_POS_AUTO (SB-04)[NC]
PARO_EMERG_CAMPO	E	7.6	BOOL	PARO EMERG DESDE CAMPO [NA] (ANTES ESTADO_ATOMIZACION_VAPOR)
ESTADO_SOL_ACPM	E	7.7	BOOL	[NA]
PERMISO_ENCENDIDO_VTF	E	8.0	BOOL	PERMISO ENCENDIDO VTF / FMS-5 / QUEMADOR (26K7) 41_42[NA]
ALARMA_ALTO_NIVEL	E	8.1	BOOL	ALARMA ALTO NIVEL / CCM / CALDERA / R3 27K8 LAH[NA]
ALARMA_BAJO_NIVEL	E	8.2	BOOL	ALARMA BAJO NIVEL / CCM / CALDERA / R2 27K7 LAL [NC]
CORTE_BAJO_NIVEL	E	8.3	BOOL	CORTE BAJO NIVEL / CCM / CALDERA / R1 27K3 LSL[NA]
CORTE_ALTO_NIVEL	E	8.4	BOOL	CORTE ALTO NIVEL / CCM / CALDERA / R4 27K6 LSH[NA]
EST_SOL_GAS	E	8.5	BOOL	[NA]
EST_SAFETY_STEAM_BOILER	E	8.6	BOOL	SAFETY STEAM BOILER / FMS-5 / CALDERA / 29K7 (33_34)[NA]
BAJA_PRES_ATOMIZ	E	8.7	BOOL	BAJA PRESION ATOMIZACION / FMS-5 / CALDERA / 29K2 PSL[NA]
STEAM_PRESS_MONI_MAX	E	9.0	BOOL	STM PRESS MONITOR MAX / FMS-5 / CALDERA / 28K7 PSH[NA]

STM_PRESS_MONI_MIN	E 9.1	BOOL	STM PRESS MINITOR MIN REGULATION / FMS-5 / CALDERA / 29K4 PSL[NA]
FUGA_ACPM	E 9.2	BOOL	FUGA ACPM / OIL SKID / CALDERA / PAG 31[NA]
OIL_PRESS_MONI_MIN	E 9.3	BOOL	OIL PRESS MINITOR MIN REGULATION / OIL SKID / CALDERA / 31K4 PSL[NA]
OIL_PRESS_MONI_MAX	E 9.4	BOOL	OIL PRESS MINITOR MAX / OIL SKID / CALDERA /
COMP_AIR_PRESS_MONI_MIN	E 9.5	BOOL	COMPRESSED AIR PRESS MONITOR MIN / AIRE ATOMIZ / QUEMADOR / 32K1 PSL[NA]
VTF_FALLA	E 9.6	BOOL	FALLA VTF / CCM / AIRE COMBUSTION / 11Q2[NA]
ATOMIZ_PRESS_MONI_MIN	E 9.7	BOOL	ATOMIZ PRESS MONITOR MIN / ATOMIZACION / 32K5 PSL[NA]
EST_OIL_LANCE_IN_OPER	E 10.0	BOOL	OIL LANCE IN OPERATION / ACPM / QUEMADOR / 33K2[NA]
EST_OIL_LANCE_POS_RETREC	E 10.1	BOOL	OIL LANCE POS RETRECTED / ACPM / QUEMADOR / 33K3[NA]
CENTRE_GAS_OPER	E 10.2	BOOL	CENTRE GAS OPER / GAS / CALDERA / 33K5[NA]
EST_SAFETY_OIL_BURNER	E 10.3	BOOL	SAFETY OIL BURNER / FMS - 5 / SEGURIDAD ACPM / 33K7[NA]
BAJA_PRES_GAS	E 10.4	BOOL	BAJA PRESION GAS / PSL GAS / QUEMADOR / 35K1
ALTA_PRES_GAS	E 10.5	BOOL	ALTA PRESION GAS / PSH GAS / QUEMADOR / 35K4
EST_SAFETY_GAS_BURNER	E 10.6	BOOL	SAFETY GAS BURNER / FMS-5 / SEGURIDAD GAS / 36K7[NA]
FMS_OIL_OPERATION	E 10.7	BOOL	FMS OIL OPERATION / FMS-5 / OIL / 58K1[NA]
FMS_GAS_OPERATION	E 11.0	BOOL	FMS GAS OPERATION / FMS - 5 / GAS / 58K2[NA]
BURNER_FAN_ACT	E 11.1	BOOL	BURNER FAN ACTUATION / FMS-5 / AIRE / 58K7[NA]
RESET_RELES_SEG_CCM	E 11.2	BOOL	RESET RELES / CCM / RESET RELES[NA] - DESDE CCM
SILENCIAR_SIRENAS	E 11.3	BOOL	RESET ALARMAS / CCM / RESET[NA]
TEST_ALARMAS	E 11.4	BOOL	TEST ALARMAS / CCM / TEST[NA]
RESET_RELES_SEG_HMI	E 11.5	BOOL	RESET RELES / CCM / RESET RELES[NA]- DESDE TABLERO HMI
FLUJO_ACPM_PULSOS	E 11.6	BOOL	FLUJO_ACPM_PULSOS
FLUJO_GAS_PULSOS	E 11.7	BOOL	FLUJO_GAS_PULSOS
SALIDAS ANALOGAS			
M1_C0_VAL_ALI_AG_DESAIR	PAW 256	WORD	VALVULA ALIMENTACION AGUA DESAIREADOR (LV-FDW-21)
M1_C1_VAL_EN_VAPOR	PAW 258	WORD	VALVULA ENTRADA VAPOR DESAIREADOR (PV-FDW-10)
M1_C2_SENAL_CARGA_INV	PAW 260	WORD	(ANTES VALVULA ENTRADA CONDENSADOR DESAIREADOR (LV-COND-20))
M1_C3_FALLANDO_XX	PAW 262	WORD	M1_C3_FALLANDO_XX

M2_C0_VAL_CTRL_3_VIAS	PAW 264	WORD	VALVULA CONTROL DE 3 VIAS LINEA ALIMENTACION CALDERA (TV-BFW-18)
M2_C1_VAL_AGUA_DOMO	PAW 266	WORD	VALVULA ALIMENTACION AGUA CALDERA (LV-BFW-02)
M2_C2_SENAL DE CARGA	PAW 268	WORD	SENAL DE CARGA DEL PLC S7 AL QUEMADOR
M2_C3_VAL_PURGA	PAW 270	WORD	VALVULA LINEA PURGA CONTINUA (CV-BLWDN-08/AV-02)
ENTRADAS ANALOGAS			
M1_C0_TX_NIV_DESAIRE	PEW 256	WORD	TX_NIVEL DESAIREADOR (LIT-BFW22)
M1_C1_TX_PRES_DESAIRE	PEW 258	WORD	TX_PRESION DESAIREADOR (PIT-FWD-23)
M1_C2_TX_FLUJ_MAKE_UP	PEW 260	WORD	TX_FLUJO LINEA MAKE UP (FIT-FWD-24)
M1_C3_TX_PRES_ALI_AGUA	PEW 262	WORD	TX_PRESION LINEA ALIMENTACION AGUA (PIT-BFW-01)
M1_C4_TX_FLUJ_ALI_AGUA	PEW 264	WORD	TX_FLUJO LINEA ALIMENTACION AGUA (FIT-BFW-03)
M1_C5_TX_NIV_DOMO_SUP	PEW 266	WORD	TX_NIVEL DOMO SUPERIOR (LIT-LPS-04)
M1_C6_TX_PRES_SALID_VAP	PEW 268	WORD	TX_PRESION LINEA SALIDA VAPOR (PIT-LPS-19)
M1_C7_TX_FLUJ_SALID_VAP	PEW 270	WORD	TX_FLUJO LINEA SALIDA VAPOR (PIT-LPS-05)
M2_C0_TX_PRES_HOGAR	PEW 272	WORD	TX_PRESION HOGAR (PIT-FLUEG-09)
M2_C1_TX_PRES_DES_VTF	PEW 274	WORD	TX_PRESION DESCARGA VTF (PIT-FLUEG-10)
M2_C2_TX_FLUJ_AIRE	PEW 276	WORD	TX_FLUJO AIRE (FIT-CA-10)
M2_C3_TX_CONDUCT	PEW 278	WORD	TX_CONDUCTIVIDAD LINEA DE ALIMENTACION (CIT-LPS-01)
M2_C4_TX_INT_LLAMA	PEW 280	WORD	TX_INTENSIDAD DE LLAMA FMS-5 QUEMADOR (AIT-FLUEG-03)
M2_C5_TX_FLUJ_GAS	PEW 282	WORD	TX_FLUJO LINEA GAS QUEMADOR (FQ2)
M2_C6_TX_FLUJ_ACPM_FO2	PEW 284	WORD	TX_FLUJO LINEA ACPM_FO2 (FQ5)
M2_C7_TX_RESERVA M2 C7	PEW 286	WORD	TX_RESERVA M2 C7
M3_C0_TX_TEMP_AG_EN_ECO	PEW 288	WORD	TX_TEMPERATURA AGUA ENTRADA AL ECONOMIZADOR (TIT-BFW-17)
M3_C1_TX_TEMP_AG_SA_ECO	PEW 290	WORD	TX_TEMPERATURA AGUA SALIDA ECONOMIZADOR (TIT-BFW-18)
M3_C2_TX_TEMP_GAS_EN_ECO	PEW 292	WORD	TX_TEMPERATURA GASES ENTRADA AL ECONOMIZADOR (TIT-FLUEG-04)
M3_C3_TX_TEMP_GAS_SA_ECO	PEW 294	WORD	TX_TEMPERATURA GASES SALIDA ECONOMIZADOR (TIT-FLUEG-03)
M3_C4_TX_PRES_GAS_EN_ECO	PEW 296	WORD	TX_PRESION GASES ENTRADA AL ECONOMIZADOR (PIT-FLUEG-11)
M3_C5_TX_PRES_GAS_SA_ECO	PEW 298	WORD	TX_PRESION GASES SALIDA ECONOMIZADOR (PIT-FLUEG-12)
M3_C6_TX_ANALIZ_O2	PEW 300	WORD	TX_ANALIZADOR O2 SALIDA DE HUMOS ECONOMIZADOR (AIT-FLUEG-01)
M3_C7_TX_ANALIZ_CO	PEW 302	WORD	TX_ANALIZADOR CO SALIDA DE HUMOS ECONOMIZADOR (AIT-FLUEG-02)
M4_C0_TX_CONDUCTIVIDAD	PEW 432	WORD	TX CONDUCT POR VOLTAJE - RESIST DE 510 OHMS

M4_C1_RESERV	PEW 434	WORD	POR VOLTAJE
M4_C2_TX LLAMA	PEW 436	WORD	POR CORRIENTE 4 HILOS
M4_C3_RESERV	PEW 438	WORD	POR CORRIENTE 4 HILOS
BUFER DE COMUNICACIONES PROFIBUS CON LAMTEC FMS5			
FMS_LOAD_VALUE	PEW 1000	INT	EN %
FMS_ACT_VALUE_CONTROLLER	PEW 1002	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_ACTUADOR_CH1	PEW 1004	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_ACTUADOR_CH2	PEW 1006	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_ACTUADOR_CH3	PEW 1008	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_ACTUADOR_CH4	PEW 1010	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_ACTUADOR_CH5	PEW 1012	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_FAULTCODE	PEW 1014	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_OPER_MODE	PEW 1016	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_REGISTER_NO	PEW 1018	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_REGISTER_VALUE	PEW 1020	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_COMM_DP_FMS	PEW 1022	INT	0=NO COMUNIC KOM-PROCESOR CON FMS / 1=SI COMUNIC KOM-PROCESOS CON FMS
FMS_O2_SP	PEW 1024	INT	O2 SET POINT EN %
FMS_DIG_OUTPUTS	PEW 1026	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_O2_ACTUAL_VALUE	PEW 1028	INT	VOLUMEN % DE O2
FMS_INTERNAL_LOAD	PEW 1036	INT	VALOR DE CARGA EN PORCENTAGE (0..100)
FMS_CONTROLACTUALVALUE	PEW 1038	INT	VALOR ACTUAL DEL CONTROLADOR (TEMPERATURA CALDERA)
FMS_CANAL1_ZCD-AIR	PEW 1040	INT	POSICION DEL DAMPER DE AIRE - TIRO FORZADO
FMS_OPERACION_LT1	PEW 1052	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_ALARMA_LT1_LT2	PEW 1054	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_PRECAUCION_LT1_LT2_0	PEW 1056	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_PRECAUCION_LT1_LT2_1	PEW 1058	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_ABSOLUTDRUCK	PEW 1060	INT	O2, OHMIOS
FMS_MESSWERT_1_CO_MONOX	PEW 1062	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_MESSWERT_2	PEW 1064	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_MESSWERT_3	PEW 1066	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_MESSWERT_4	PEW 1068	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_PID_DIG_1	PEW 1078	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_STATUS_DI_D0	PEW 1080	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_AI_61	PEW 1082	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_AI_62	PEW 1084	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_AI_63	PEW 1086	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_AI_64	PEW 1088	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_D1	PEW 1090	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_MENSAJE_NO	PEW 1096	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_STATUS2_INPUT	PEW 1106	INT	DE FMS POR PROFIBUS
FMS_STATUS1_INPUT	PEW 1108	INT	DE FMS POR PROFIBUS

FMS_STATUS0_INPUT	PEW 1110	INT	DE FMS POR PROFIBUS
-------------------	----------	-----	---------------------

Fuente: Diseño Propio a partir de la base de datos del software de control elaborado en Step 7 V5.3.

1.7.1.3 Recolección de la información base del proyecto. Para dar inicio al diseño, es pertinente recolectar la mayor cantidad de información referente al mismo, en miras al logro consecuente, lógico y confiable del desarrollo. Es así como el punto inicial de referencia se volcó sobre Colmáquinas para conocer elementos como:

- Dimensionamiento del equipo a automatizar
- Dimensionamiento del equipo de control
- Referencias del Proceso a automatizar
- Cantidad y tipo de Sensores de campo
- Lazos de control a implementar
- Planos de arquitectura de campo
- Manuales de elementos de campo
- Hardware/Software disponible para el desarrollo

Se dio paso a reuniones donde se explico el proceso, se entregaron esquemas de control, diagramas I/O, esbozo de pantallas de proceso, listados de tags, y demás información conforme a los ítems anteriormente expuestos.

Seguidamente se comenzó a revisar lo pertinente a los herramientas de desarrollo presupuestadas, software para el desarrollo versus el hardware disponible para la implementación, y demás aspectos relevantes para Kamati y la ingeniería de integración.

Esta información y demás complementaria se encuentra depositada en el marco teórico y a lo largo de las facetas del proceso de diseño, siendo este el punto de referencia para el desarrollo del mismo.

1.7.1.4 Generación de Conceptos. En esta etapa de generación de conceptos se realiza la descomposición funcional del dispositivo que se va a diseñar, analizando el flujo de información entrante, para posteriormente descomponer el problema en subproblemas para obtener sistemas simples que permitan aportar soluciones a problemáticas particulares. Acto seguido se hacen una serie de pasos como búsqueda externa e interna de información útil, benchmarking competitivo, árbol de clasificación de conceptos y combinación de conceptos; todo esto con el enfoque de obtener por esta vía el mejor concepto para diseñar el producto; analizando tanto la viabilidad tecnológica como económica de cada una de las partes que componen los conceptos e ideas generadas. Iniciaremos entonces con la Búsqueda Interna y Externa.

- Búsqueda Interna y Externa. El desarrollo de la metodología de creación de producto, avoca tareas de investigación y gestión de búsqueda de soluciones, ideas innovadoras, teoría de base, entre otros fundamentos que permitan vislumbrar los horizontes que depara el desarrollo. Es entonces uno de los métodos de conocimiento del estado del arte, de los nuevos diseños del mercado, de soluciones similares que se acercan al propio, conocimiento del mercado objetivo por medio de los productos competidores más vendidos, entre otros que se logran mediante mecanismos de búsqueda tanto interna, como externa.

Los resultados de la búsqueda se aprecian a lo largo del desarrollo del informe de pasantía, en el marco teórico, el desarrollo de las necesidades del cliente, el desarrollo de los subsistemas del proyecto, entre otros. Los tipos de búsqueda

representarán factores que se relacionan con elementos cercanos o propios y otros que se encuentran por fuera de los límites de fácil acceso, entre los miembros del equipo de trabajo. Correspondientemente se presentan a continuación.

- Búsqueda Interna. La búsqueda interna se realizó con los siguientes elementos:
 - Reuniones de ingeniería de proyecto. Este espacio es especialmente valioso en la medida de la unión en un mismo espacio de las partes involucradas en el proyecto, la información pertinente para el desarrollo, los avances presentados, las decisiones que se toman y sus fundamentos y demás factores referentes al desarrollo del proyecto por la partes. Del Ingeniero de proceso, uno de los clientes identificados, se obtiene valiosos aportes del proceso y su implementación en el producto para que se cumplan los objetivos propuestos. Del desarrollo de la ingeniería de integración, se adquiere la plataforma del desarrollo, sus elementos técnicos y guía de desarrollo estructural.
 - La gran cantidad de información que aportaron estos espacios, son potencializaron como mecanismos de realimentación del desarrollo concurrente para el logro de los propósitos del método de diseño. Son valiosos espacios de consulta del cumplimiento parcial de los objetivos con el cliente, antes de la implementación en campo de la solución. Análogamente se revisan los avances de la ingeniería de integración consagrada en el HMI y el software de control de proceso.
 - Experiencia de los ingenieros de proceso y de jefe de ingeniería de Integración. Dentro del equipo de trabajo se aprovecho especialmente la experiencia aportada por los ingenieros tanto de proceso como el desarrollador de la automatización de la ingeniería de integración.

- El Ingeniero de Proceso fue una pieza fundamental en la concepción del sistema, en la medida de su práctica y experiencia no sólo en el proceso, sino en los mecanismos de operación segura de este tipo de máquinas. Su aporte se consolidó como un elemento primordial en la búsqueda de la solución a las premisas de diseño, a las necesidades del cliente y al diseño detallado del producto final. Sus directrices se daban bajo los ejemplos vividos en gran cantidad de obras y montajes por más de veinte años de experiencia.

- El Jefe de la Ingeniería de Automatización es quien realmente guarda cada uno de los secretos referentes a la integración funcional de los elementos de campo para su correcta disposición y gestión hacia la automatización. Con su experiencia se logró encausar el proyecto no sólo desde el enfoque técnico, sino también sistemático, direccionando el desarrollo del producto enfocado hacia la arquitectura, la estrategia de proceso y el cliente.

- Conocimientos Propios. Consecuentemente se realizó la búsqueda dentro de los conocimientos propios, dentro de los cuales sobresalen los de programación de estrategias de control y Programación de HMI industriales, concepción de productos enfocados al cliente, método de diseño concurrente, redes de control industrial, entre otros elementos aportados por la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Occidente. Los siguientes conceptos finalmente son los que se toman como punto de referencia, proyectos en los cuales de una u otra manera he estado involucrado:

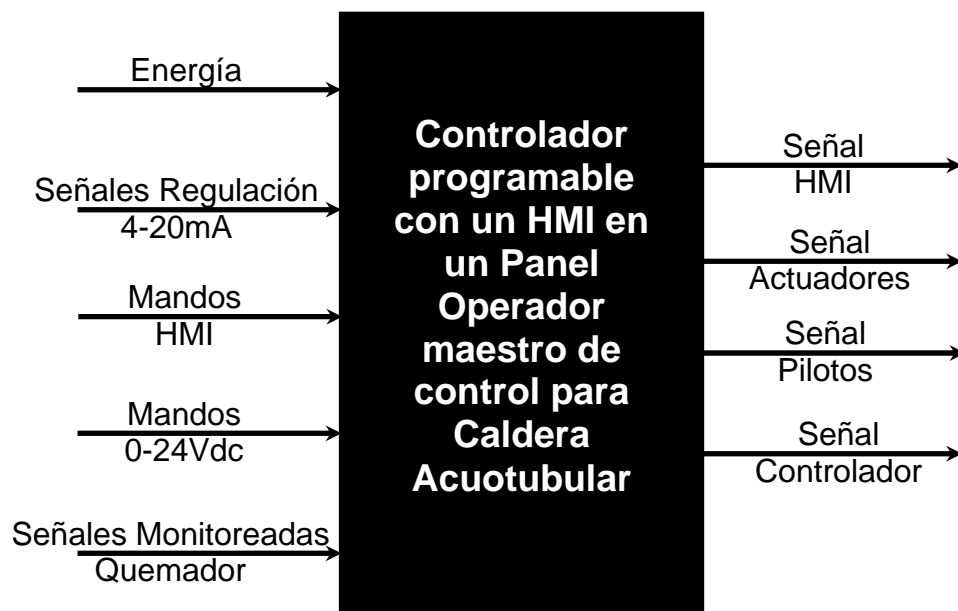
- HMI en pantalla Siemens MP370 15" Táctil, para el monitoreo y mando de los servicios generales de agua desionizada, ácido Sulfúrico, agua Fría, control scrubber para filtro de gases de proceso y control de planta de osmosis Inversa en una planta productora de rejillas para baterías.

- HMI con Runtime instalado en un computador de escritorio, para el monitoreo y mando de Básculas para ollas pre-cocinadoras de recetas, para una Dulcería.
- HMI en pantalla Siemens TP170 10" Táctil, para el monitoreo y mando de un sistema de torre de enfriamiento de agua, distribución de agua fría y filtrado de agua.
- Controladores de lazos independientes de presión, temperatura y humedad dispuestos en un tablero para una Caldera pirotubular utilizada en la generación de vapor en una planta de dulcería.
- Búsqueda Externa. La búsqueda interna se realizó con los siguientes elementos:
 - Documentación de DPA Colombia, Colmáquinas Construcciones Kamati y Oertli Induflame. Gran parte de la documentación o base de ella, propia de los elementos involucrados en el proyecto, se encuentra dispuesta en este documento, gracias a los aportes de las empresas implicadas en el desarrollo.
 - Contar con el soporte directo de los ingenieros especialistas de las compañías, es un voto único de confianza de la calidad de la fuente de información, un espacio valioso de solución de dudas y un mecanismo de rápido crecimiento en la búsqueda del concepto más prometedor y el posterior concepto definitivo.
 - Documentación Bibliográfica. Con las bases de las condiciones del Proyecto, se realizaron consultas bibliográficas pertinentes para cada caso, consignadas en el presente documento, en el marco teórico fundamentalmente.

o Hojas de Características. Las Hojas de caracterización tanto del Hardware como del software fueron de amplia utilidad para la generación inicial de conceptos y la toma de decisiones. Igualmente fueron la ruta de búsqueda de mayor cantidad de información bibliográfica referente a las necesidades.

1.7.1.5 Descomposición funcional. Para la descomposición funcional se inició con la identificación de las funciones mas críticas del sistema. Primero se visualizó el producto como una caja negra (Figura 18) donde se tienen en cuenta el flujo de entrada y salida de elementos al sistema.

Figura 18. Caja Negra



Fuente: Diseño Propio

Una vez realizado este paso se hace la descomposición funcional de todo el sistema de donde sale la ruta mas critica de las funciones del sistema.

Del diagrama de descomposición funcional se obtiene la rama más crítica de subfunciones que influyen en el diseño del sistema; estas subfunciones críticas definen características no solo de Software sino también características del Hardware del sistema.

Una vez hecha esta etapa se inicia el proceso de búsqueda externa e interna; este proceso se hace con la intención de encontrar puntos de comparación con otros productos que se ven en el mercado ó dentro del entorno industrial.

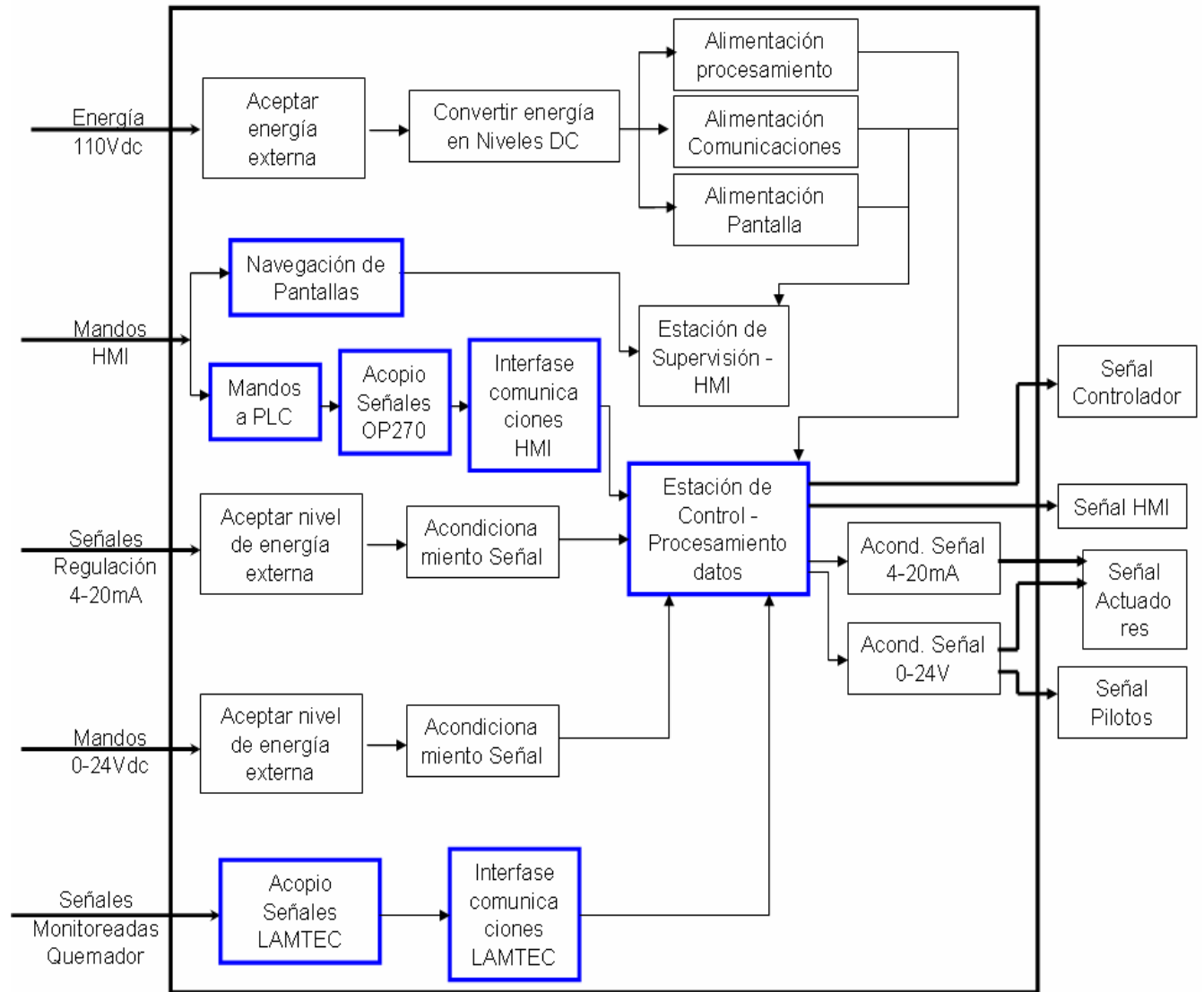
Para tener una visión más amplia del sistema que se va a desarrollar se hace el benchmarking; esto proporciona gran información valiosa a cerca de conceptos desarrollados por otros desarrolladores.

- Identificación de Subfunciones. Dentro de la identificación, se han señalado subfunciones identificadas como críticas dentro del análisis las cuales se enmarcan en color azul para realizar la descomposición funcional en el árbol de clasificación de subfunciones críticas.

Esta descomposición nos permite seguir delimitando el diseño con las opciones que verdaderamente se acercan al producto final deseado, en la medida que se exponen en cada una de ellas las posibilidades que se tienen en cuenta para la selección del concepto.

El siguiente esquema representado en la figura 19, muestra las subfunciones del sistema identificadas a partir de la concepción de caja negra:

Figura 19. Descomposición Funcional

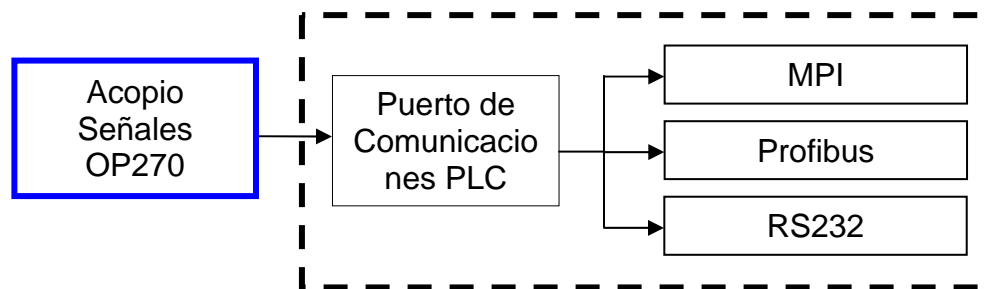


Fuente: Diseño Propio.

1.7.1.6 Árboles de Clasificación de Subfunciones Críticas. Para cada una de las subfunciones más críticas expuestas en la gráfica anterior, presentamos el correspondiente árbol de clasificación:

Inicialmente es prioritario definir el camino por el cual se comunicarán el PLC y el Panel de Operador para lograr su cometido. Desde el punto de vista de la OP, se requiere conocer el medio físico para el logro de esta comunicación (*Figura 20*).

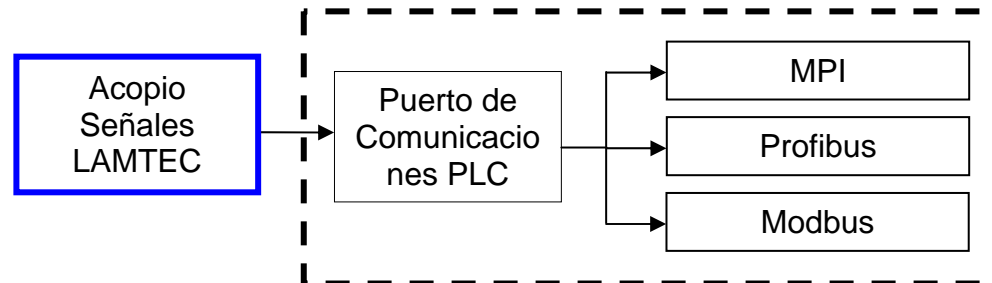
Figura 20. Acopio Señales OP270



Fuente: Diseño Propio

Análogamente con el controlador LAMTEC, se debe establecer el camino físico seguro para la transmisión de datos esperada. En la figura 21 se muestran las opciones disponibles

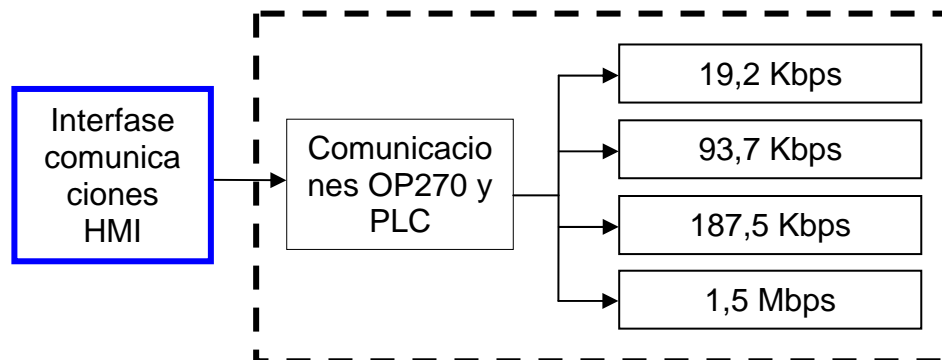
Figura 21. Acopio Señales LAMTEC



Fuente: Diseño Propio

Seguidamente de la selección de medio físico, se requiere ajustar el parámetro de velocidad para esta interfase de comunicación seleccionada. Se requiere aquí entonces seleccionar dentro de las posibilidades ofertadas por los equipos de trabajo el por el tiempo de respuesta esperado el usuario final, por el controlador y por el HMI (Figura 22).

Figura 22. Interfase comunicaciones HMI

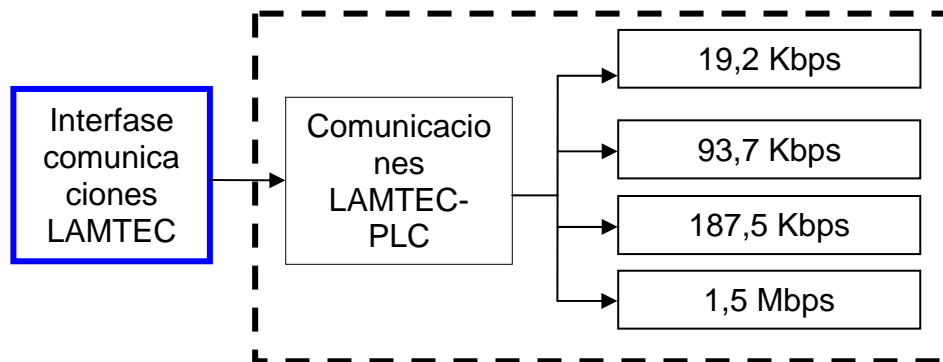


Fuente: Diseño Propio

Análogamente con el controlador de la caldera se debe ajustar la interfase con el procesador de comunicaciones, el Kom-Processor. La selección se ajusta según los parámetros ofrecidos por el medio físico dentro de las posibilidades ofertadas

por los equipos de trabajo, por el tiempo de respuesta esperado el usuario final, por el controlador PLC y por el HMI (Figura 23).

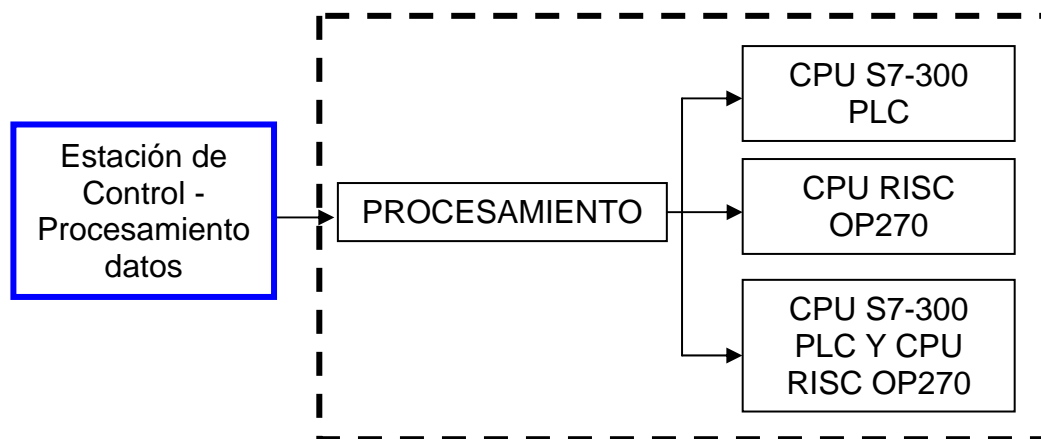
Figura 23. Interfase comunicaciones LAMTEC



Fuente: Diseño Propio

Cuando contamos con el flujo seguro de datos para el monitoreo y mando se toma la decisión de donde se procesarán los mismos con el propósito de realizar operaciones de control y de gestión de datos para el sistema supervisorio (Figura 24).

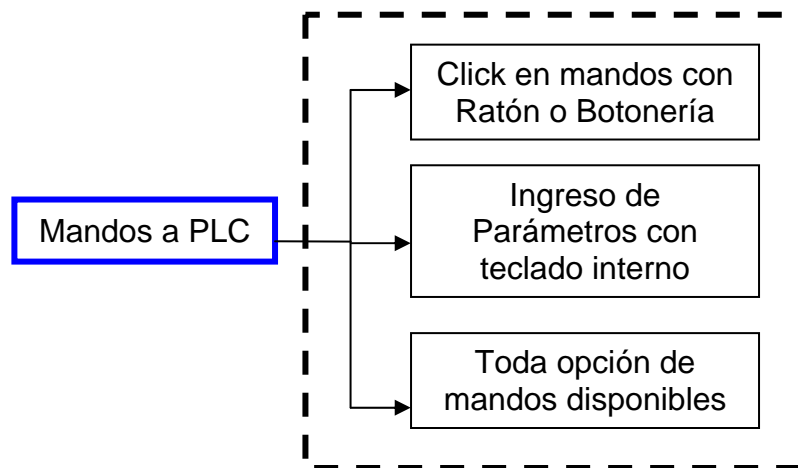
Figura 24. Estación de Control - Procesamiento datos



Fuente: Diseño Propio

Igualmente se debe tener especial cuidado con la asignación de entradas de mando al sistema. Los mandos son las decisiones tomadas por el operador según las situaciones actuales del sistema, caso para el cual deben tener la flexibilidad y confiabilidad pertinentes (Figura 25).

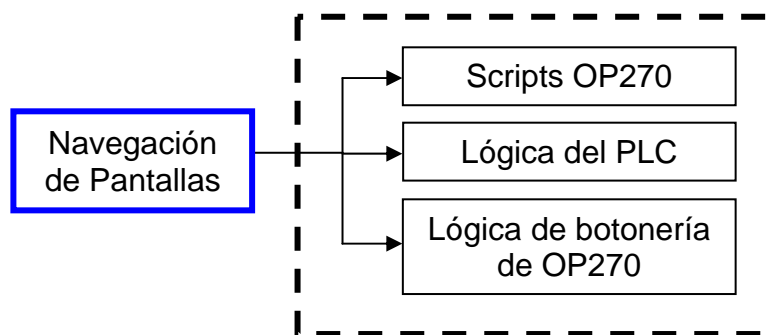
Figura 25. Mandos a PLC



Fuente: Diseño Propio

El OP finalmente debe ser fácilmente y amigablemente operable por el usuario final. La decisión de navegabilidad debe ser asumida por alguno de los elementos relacionados en el sistema (Figura 26).

Figura 26. Navegación de Pantallas



Fuente: Diseño Propio

Con los árboles de clasificación de conceptos, paulatinamente se descartan los conceptos que son no posibles de implementar por factores como:

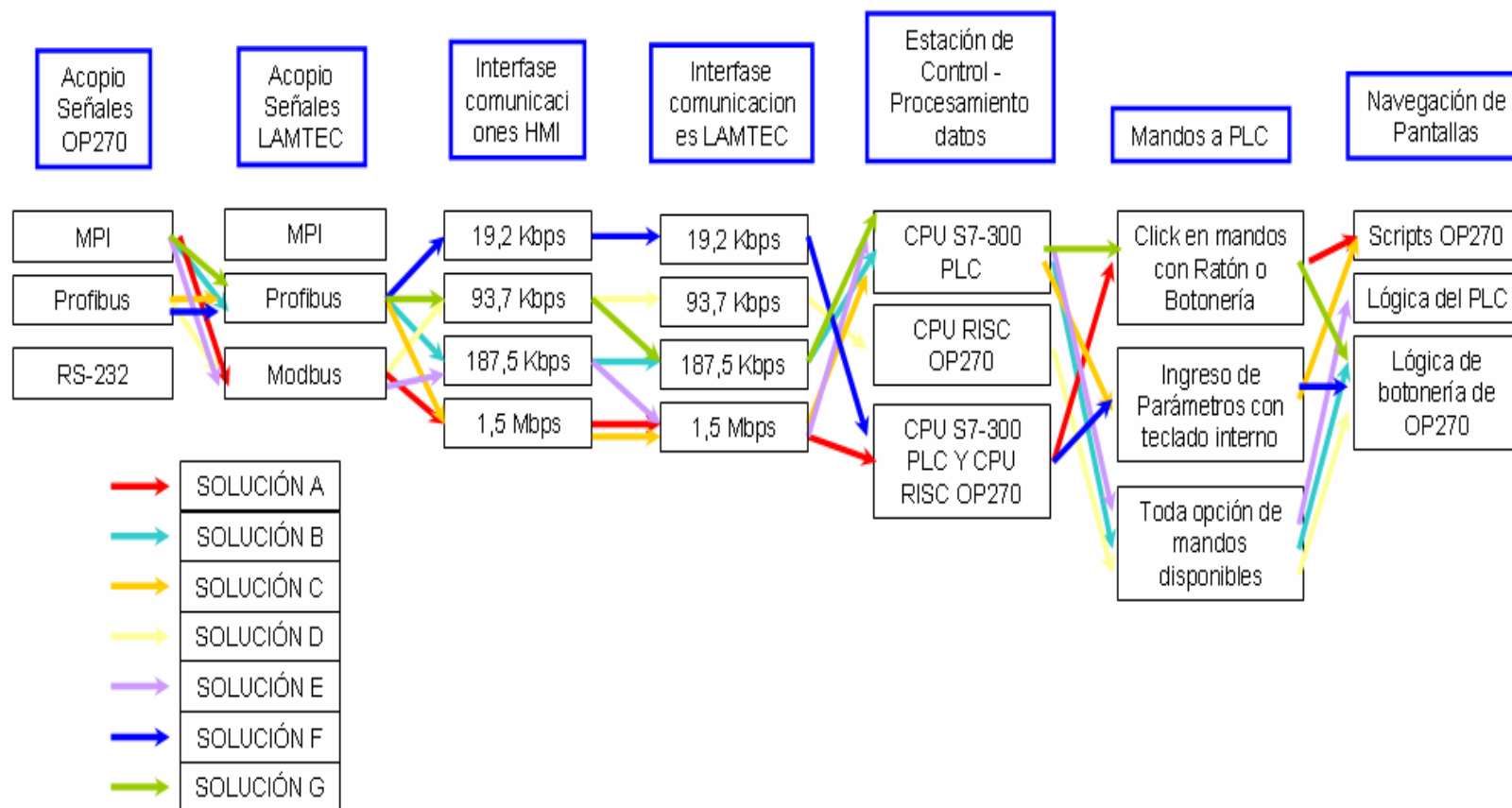
- Imposibilidad tecnológica
- Incompatibilidad
- Ineficiencia
- Ineficacia
- Tiempo de implementación
- Costo

Entre otros factores que limitarían el desarrollo del producto. Es así como se delimitan algunas opciones relacionadas en la siguiente tabla de combinación de conceptos, los cuales circunscriben aun más las nociones mas eficientes de producto, realizando un análisis mas exhaustivo en miras a la obtención de un resultado final óptimo para la implementación.

1.7.1.7 Combinación de conceptos. Los conceptos seleccionados para los árboles de las subfunciones críticas, se combinarán en siete soluciones mostradas en la figura 27, según los criterios expuestos anteriormente. Se tomarán como referencia estas siete posibles rutas de desarrollo para el estudio, ya que con los subsistemas y sus conceptos saldrían en total según la combinación de conceptos unas 3888 ($3 \times 3 \times 4 \times 4 \times 3 \times 3 \times 3$) combinaciones:

Pensando en el diseño concurrente propuesto para el desarrollo, se muestra parte de su práctica implementación en el desarrollo de la fase de la descomposición funcional, la cual enriquece esta fase del proceso de diseño con la adopción de conceptos. En él, los mejores conceptos se evalúan nuevamente con ayuda de la ingeniería de integración con la generación de cinco rutas de solución, para el logro de la selección de las mejores nociones de producto, fusionando elementos electrónicos, mecánicos y de control al mismo tiempo.

Figura 27. Combinación de Conceptos



Fuente: Diseño Propio

1.7.1.8 Selección de Concepto. Con la generación de conceptos y exploración de caminos de solución del problema con los mismos, se debe escoger uno que satisfaga las necesidades del cliente con los criterios arrojados por las premisas, las necesidades y la búsqueda interna y externa, momento en el cual se tienen fundamentos más amplios en la determinación de cuáles son realmente aplicables a la solución del problema planteado.

Se plantean entonces los criterios de selección a partir de las necesidades del cliente, premisas y restricciones:

- Facilidad Operación
- Confiabilidad
- Navegabilidad
- Óptima integrabilidad
- Cumplimiento de normatividad
- Soporte al Operador
- Diseño Industrial

Con los criterios de selección se pasa a la matriz de tamizaje de conceptos para evaluar los criterios con las opciones aportadas por la combinación de conceptos contra la referencia seleccionada.

Especificaciones de la referencia. Para el tamizaje de conceptos, la referencia que se toma como punto de partida, cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

- Sistema de monitoreo y mando de los servicios generales de una zona de planta productora de rejillas para baterías denominada Rejemplox de Baterías MAC S.A. El sistema es maestro de los siguientes procesos:
 - Variadores de Velocidad MM440-MM420 Siemens

- Arrancadores Suaves Sirius 3RTU Siemenes
- Arrancadores Directos Simocode 3UF70 Siemens
- Tres PLC S7200 CPU 224

o La arquitectura cuenta con un maestro de proceso dado un PLC S7300, CPU 317-2DP y un maestro de monitoreo y mando dado por un MultiPanel táctil con pantalla de 15 pulgadas de referencia MP370. El esquema de red esta dado por una red profibus para drives de motores y dos esclavos S7200 y profibus sobre fibra óptica para otro esclavo S7200, la MP370 se encuentra enlazada con el puerto MPI. Análogamente, a través de un modulo ethernet se puede acceder desde la estación de ingeniería al PLC o en este mismo nivel de comunicaciones desde esta misma estación hacia la MP370. Controla los siguientes procesos:

- Sistema de gestión y distribución de agua desionizada por medio de una maquina de osmosis inversa y un tanque de almacenamiento correspondientemente.
- Sistema de lavado de gases – Scrubber – con una estación de gestión de datos remota dada por un PLC S7300.
- Sistema de gestión y distribución de agua fría por medio de un chiller y un tanque de almacenamiento y recirculación de agua correspondientemente.
- Sistema de almacenamiento y distribución de acido sulfúrico.
- Sistema de pretratamiento de agua.
- Sistema de enfriamiento y recirculación de agua de proceso con torre de enfriamiento.

- Matriz de Tamizaje de Conceptos. Esta matriz de tamizaje se realiza comparando los conceptos propuestos anteriormente con una referencia, en este caso elegimos a uno de los sistemas competidores descritos en el proceso de

benchmarking, como punto de comparación en miras a optimizar la selección del concepto, la matriz se ilustra en la tabla 12, calificando de la siguiente manera:

+: Mejor que

0: Igual a

-: Peor que

Tabla 12. Matriz de Tamizaje de Conceptos

CRITERIOS	CONCEPTOS							REFERENCIA
	A	B	C	D	E	F	G	
Facilidad Operación	+	0	-	+	+	-	0	0
Confiabilidad	-	+	-	-	+	0	+	0
Navegabilidad	0	+	-	0	-	0	0	0
Optima integrabilidad	-	+	-	0	0	-	+	0
Cumplimiento de normatividad	-	+	0	-	0	0	0	0
Soporte al Operador	0	0	0	0	0	0	0	0
Diseño Industrial	-	+	-	+	+	+	0	0
Positivos	1	5	0	2	3	1	2	
Negativos	4	0	5	2	2	2	0	
Iguales	2	2	2	3	3	4	5	
Total	-3	5	-5	0	1	-1	2	
Orden	6	1	7	4	3	5	2	
Continuar?	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI	

Fuente: Diseño Propio.

- Matriz de evaluación de Conceptos. Esta matriz dada en la tabla 14, nos define el promedio ponderado de cada concepto de los aprobados por en la matriz de tamizaje. Inicialmente se considera el promedio ponderado de cada criterio en la tabla 13, para asignar valoraciones independientes en la evaluación final y determinar el concepto que clasificara.

Tabla 13. Promedio ponderado de criterios

ITEM	CRITERIOS	CONCEPTOS																					SUMA	%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
1	Facilidad Operación	0	1	0	0	1	0																2	9,524
2	Confiabilidad	1						1	0	0	1	1											4	19,05
3	Navegabilidad		0					0					0	0	1	1							2	9,524
4	Optima integrabilidad			1					1				1				1	1	1				6	28,57
5	Cumplimiento de normatividad				1					1				1			0			1	1		5	23,81
6	Soporte al Operador					0					0				0			0		0		1	1	4,762
7	Diseño Industrial						1					0				0			0		0	0	1	4,762
		TOTAL																					21	100

Fuente: Diseño Propio.

Tabla 14. Matriz de evaluación de conceptos

CRITERIOS	% PONDERACIÓN	VARIANTES DE CONCEPTOS SELECCIONADOS					
		B		E		G	
		NOTA	CRITERIO PONDERADO	NOTA	CRITERIO PONDERADO	NOTA	CRITERIO PONDERADO
Facilidad Operación	9,52	4	0,38	3	0,29	3	0,29
Confiabilidad	19,05	3	0,57	2	0,38	4	0,76
Navegabilidad	9,52	4	0,38	3	0,29	4	0,38
Optima integrabilidad	28,57	5	1,43	3	0,86	4	1,14
Cumplimiento de normatividad	23,81	4	0,95	3	0,71	3	0,71
Soporte al Operador	4,76	3	0,14	3	0,14	3	0,14
Diseño Industrial	4,76	3	0,14	3	0,14	3	0,14
Total		4,00		2,81		3,57	
Orden		1		3		2	
Continuar?		DESARROLLAR		NO		NO	

Fuente: Diseño Propio

- Especificaciones Finales. La siguiente tabla 15, muestra los valores finales de las métricas del sistema, determinados a partir del proceso de selección de conceptos, arrojado por el proceso de desarrollo concurrente de productos.

Tabla 15. Especificaciones Finales

#	# Necesidad	Métrica	Importancia	Unid.	Valores Finales
1	1,2,5,6	Mandos	2	Lista 1	1,2,4
2	1,4,5,7	Adaptabilidad	3	Subj.	3
3	1,4,5,8	Orden	3	Bin.	1
4	2,3	Tipo Variables	2	Lista 2	Todas
5	3	Capacidad de Graficación	4	Bin.	1
6	4,5,6,8	Confiabilidad	4	Subj.	4
7	4,5	Navegabilidad	3	Subj.	5
8	1,4,5,7	Estética del Diseño	2	Subj.	4
9	1	Número de Pantallas	1	Dec.	45
10	4,6	Ayuda al Operador	5	Bin.	1
11	2	Velocidad de Transferencia de red de control	3	Kbit/s	187,5
12	1,2,3,7	Integrabilidad	5	Subj.	5
13	8	Normatividad	4	Lista 3	Todas
14	2,4,8	Autómata	5	Bin.	1
15	1,2	Arquitectura de red de control Industrial	4	Bin.	1
16	2,4,6	Nivel de Seguridad	3	Subj.	4

Fuente: Diseño Propio

1.8 PROCESO DE DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA

1.8.1 FASE 3: Diseño a nivel de Sistema. Se sucede el desarrollo de una arquitectura de trabajo viable para esta aplicación, enfocada en un diseño funcional a nivel de sistema, que soporte el hardware y el software que deberá contener.

Se refinan un poco mejor los conceptos, se decide la arquitectura de producto, lo concerniente al diseño industrial, se concluyen conceptos de diseño que se vienen tratando y tomando forma desde los procesos anteriores, planteando soluciones a modo universal, para pasar al detalle en la siguiente fase de diseño detallado. Para ello se debe tener en cuenta:

1.8.1.1 Diseño Industrial - Revisión de aspectos funcionales del sistema

1.8.1.2 Valores de las necesidades Ergonómicas

1.8.1.3 Valores de las necesidades Estéticas

1.8.1.4 Clasificación del Producto

1.8.1.5 Valoración del Diseño Industrial

1.8.1.6 Interacciones del Sistema

1.8.1.7 Arquitectura de Producto - Tipología

1.8.1.1 Diseño Industrial - Revisión de aspectos funcionales del sistema. Este diseño se enfoca en la creación y desarrollo de conceptos y especificaciones que optimicen la función, valor y apariencia de los productos y sistemas para el beneficio mutuo tanto del usuario como del productor.

A la par del desarrollo de las estrategias se tejen una a una las pantallas de administración del sistema, con el propósito de depurar en el camino las dificultades de entendimiento, enlace de variables, interpretación de resultados, integraciones de soluciones programadas, entre otros elementos que se deben enlazar concurrentemente para el logro del producto final.

Se inicio con un esbozo elaborado por el cliente, el cual se esta perfeccionando con la ayuda de las herramientas del software de desarrollo (Protool Pro) y con la realimentación permanente, tanto de la implementación de las estrategias de control, como de las inquietudes entregadas por el Ingeniero de Proceso y por el cliente final.

El desarrollo de dispositivos que requieran de la interacción permanente con el hombre, requieren un análisis de diseño personalizado que responda a los intereses y necesidades puntuales del usuario final. En dispositivos HMI sumando a esta sentencia se encuentra un elementos pilar del diseño, en la medida que se debe realizar bajo el precepto del diseño de un producto, bajo el enfoque de la funcionalidad por parte del usuario final, lo cual posee ciertos elementos de diseño característicos a tener presentes en el momento de la concepción del desarrollo.

- **Objetivos.** Los Objetivos del Diseño Industrial, versan en los siguientes preceptos:
 - Utilidad

- Apariencia
- Facilidad de mantenimiento
- Bajo costo
- Comunicación

Se requiere entonces una filosofía de desarrollo que ilumine el rumbo que asumirá el diseño y posterior utilización del mismo. Bajo este criterio se requiere el estudio de conceptos como necesidades del cliente en términos de la Ergonomía y la Estética Fundamentalmente:

1.8.1.2 Valores de las necesidades Ergonómicas

- Practicidad
- Confiabilidad
- Seguridad en modo de empleo
- Funcionalidad
- Cantidad de Interacciones

La apropiación de estos elementos al interior del producto, se realiza en conjunto con el método de diseño elegido para el desarrollo, en la medida del logro de la concurrencia del mismo para este caso. Por ello es importante definir los conceptos de diseño empleados para asimilar el objetivo trazado A continuación se explicarán y relacionaran cada uno de los ítems iniciando con la Ergonomía en general:

- Ergonomía. La ergonomía es una de las principales tendencias que hoy en día en diseño se siguen con óptimos resultados de aplicación y por supuesto de marketing. Surgen entonces necesidades de apropiación del concepto en los productos de uso constante y/o masivo en la mayoría de los casos, aunque abundan en aplicaciones puntuales adaptadas directamente al usuario final, como

es el caso de soluciones de HMI Industriales para operadores y procesos puntuales.

El agitado mundo del siglo XXI, requiere productos que sean en su gran mayoría amigables con el usuario, prácticos, sencillos de usar y fácilmente adaptables a las formas humanas. Este último panel es el que refiere a los diseños encarnados con formas, texturas y materiales que se adaptan fácilmente a las necesidades y las condiciones de trabajo de los seres humanos en indistintos ambientes, esta concepción en el diseño es apropiada por la ergonomía. Es así como se recomendaron los consejos para la disposición del Panel de Operador en planta:

- El Panel debe de quedar visible a una altura visual promedio de los trabajadores en planta: Con el objetivo de evitar congestiones musculares por inapropiadas posturas, facilidad en la visión en detalle, rapidez en la acción y detección frente a problemas.
- El sitio debe estar libre de elementos delicados o pesados: Para tener un acceso directo en cualquier caso.
- Se dispondrá de un ratón de mandos sobre una pequeña base a la altura promedio del codo, que incluya Pad-Mouse con descansador de muñeca en gel: Para una práctica y cómoda administración de esta herramienta de mando especialmente dispuesta en el diseño para facilitar y estandarizar el acceso al sistema.

Las megatendencias del diseño versan en la correcta utilización de los diferentes tipos de materiales que hoy en día nacen, de la mejor manera, según las formas y las aplicaciones a las que se adapten, es así como entra a jugar un papel importante el confort, la salud, la confiabilidad y otros valores que se rescatan con

el uso constante de las herramientas, factores decisivos en las recomendaciones dadas.

Finalmente se ve reflejada la necesidad creada en un concepto fácilmente adquirido por la sociedad contemporánea: Interfaz Hombre-Máquina. En mayor medida la palabra interfaz es un término que no sólo encierra conectividad, sino facilidad, practicidad y en gran escala ergonomía.

- **Practicidad.** Análogamente a la ergonomía, el concepto de práctico es asociado a elementos de uso genérico, no sólo por el ser humano. La practicidad es un valor asociado al producto que enlaza rápidamente al usuario con el mismo.

Es como la práctica de un vendedor cualquiera, que requiere cautivar al usuario en los primeros cinco minutos de la manera más amable y segura posible, haciendo uso de herramientas de venta inconfundibles, que análogamente se representan en esta practicidad como los mecanismos de fácil accesibilidad y funcionalidad de manera segura.

El término es igualmente asociado al sistema como un elemento base en la apropiación del usuario final. Su ausencia es motivo notorio de difíciles prácticas, problemas constantes de administración, pérdida de tiempo, pérdida de información, entre otros factores desastrosos para una producción que se podrían evitar con la implementación de la concepción de este valor desde el momento de inicio del proceso de diseño. Al asumirlo como parámetro de diseño, se aprecia como la navegabilidad del sistema, se encuentra enmarcada en este valor.

- **Confiabilidad.** Un factor de desarrollo fundamental en los sistemas es el valor agregado que aporta la confiabilidad. Es un elemento decisivo que se pone a

prueba en todo momento y en todo sistema, como método de seguridad e inducción a la confianza en el mismo. Las grandes inversiones en sistemas deben ser absolutamente seguras y confiables, para consolidar un óptimo desempeño en el tiempo, asegurando calidad, lo cual finalmente redundará en la confiabilidad.

Este valor se define como el amplio rango que existe entre las posibilidades de falla y las de funcionamiento óptimo, prolongado y seguro. Consecuentemente termina siendo el punto que hace la diferencia y sobre el cual se toman decisiones.

La confiabilidad se asegura con respaldo, certeza y objetividad en el balance operativo del sistema. Con el balance de fallas y con la practicidad en su resolución, igualmente se califica la confiabilidad en este sistema. Así, vemos como poco a poco se entrelazan cada uno de los valores para el logro de producto y de balances óptimos en producción.

Uno de los ejemplos referentes es que para las acciones de escape de las pantallas, representado por la imagen de EXIT, se puede acceder a ella de tres modos diferentes:

- Click izquierdo del Ratón sobre la imagen relacionada.
- Selección de Tecla de función F18
- Selección de Tecla de función K16

De esta manera se asegura ante fallos, exceso de uso, cumplimiento de tiempo de vida útil, mal contacto, entre otros factores, se pueda acceder a esta importante acción sin mayor inconveniente alguno.

- Seguridad en modo de empleo. La seguridad para el sistema se vislumbra desde su concepción por parte del diseñador y posteriormente por el programador de la solución. Es uno de los puntos fundamentales que reúne muchos de los tópicos que se tuvieron en cuenta en los parámetros del diseño e implementación expuestos en la medida de su prioridad de aplicación inminentemente alta, no afectando contundentemente los factores de los valores expuestos, sumar a ellos sin perder la visión de diseño, funcionalidad y practicidad del sistema.

Finalmente gran parte de la responsabilidad recae sobre el administrador del sistema, quien se convierte en el ente fundamental para el normal funcionamiento dentro de los parámetros permitidos. Usualmente el sistemas opera bajo condiciones de falla segura, aunque esté bajo mandos manuales, sin embargo la responsabilidad en este tipo de operaciones depende en gran escala del operador, sobre quien pesa la responsabilidad de las acciones tomadas en la misma.

Análogamente en este tipo de sistemas, existen tipos de modo de empleo donde de obvian las fallas seguras, por ejemplo en esquemas de mantenimiento de subsistemas, donde se pueden parametrizar valores generalmente sin o con pocas restricciones, más que las que permite el sistema en si, lo cual presume un alto de grado de atención y responsabilidad en la operación.

De allí que para casos de emergencia subyace la potencialidad de elementos como la practicidad y la confiabilidad, por ello los diseños versan en redundantes condiciones de operación que se revertirán en modos seguros de operación.

En la siguiente Figura 28, se muestra uno de los casos reflejados para este tipo de operaciones seguras, donde se efectúa la operación de paro sin intencionalidad para procesos de esta índole, donde un paro representa mucho tiempo perdido en

miras a un rearranque casi total de sistema. La solución implementada fue una pantalla de respaldo que siempre sale a pulsar el botón de parada en cualquiera de los casos

En la parte superior se encuentra dentro del área común del panel, el botón de paro, dispuesta para todas las pantallas. Inmediatamente se presiona, la imagen anterior es el menú que aparece en pantalla, donde se confirma la acción y se vuelven al estado inicial los relés de seguridad de la caldera, los cuales retornan igualmente a condición segura al presionar este botón o la tecla F14.

Figura 28. Pantalla de Confirmación de Paro



Fuente: Diseño Propio, Imagen Protocol / Pro – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

- **Funcionalidad.** Al final del camino encontramos la funcionalidad, como el conjunto de valores asociados descritos, que conjugan para la operación y para que en cortas palabras, funcione. Esencialmente, ante la complejidad o la simpleza de los diseños, existe la premisa básica que funcionen y sumado a ello que sean funcionales, lo cual no se registra en todos ellos.

La funcionalidad independiente de los anteriores, encierra aspectos como la integración armónica de subsistemas con mandos con y sin esquemas de falla segura, prácticos pero decisivos, confiables y no limitantes, seguros y no inoperantes.

El conjunto de pequeños tareas manifiesta función. La gestión holística de ellas en diversos subsistemas conformantes del sistema se resume en funcionalidad que debe operar aunque se presenten problemas de campo superables o no, abriendo paso al control lógico según corresponda.

Fundamentalmente la conjugación debe sumar para que el producto finalmente se sienta con un enfoque claro y plenamente identificado hacia el usuario final.

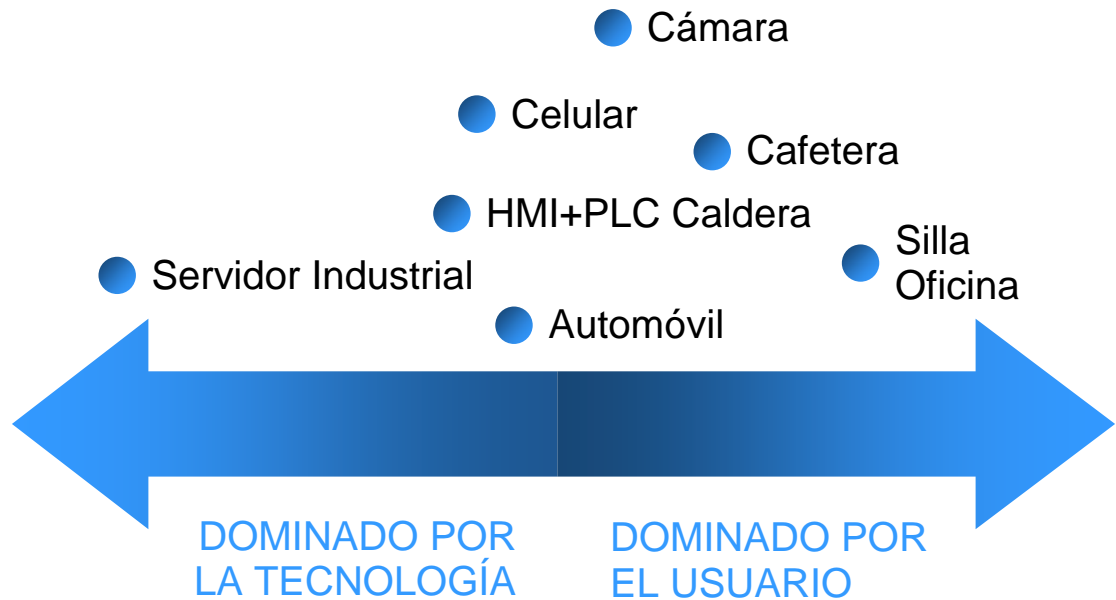
- **Cantidad de Interacciones.** Según la correcta administración del sistema, la interacción que se genera entre los operarios de turno de la zona de calderas de DPA es bastante alta, para la supervisión y el mando controlado.

1.8.1.3 Valores de la necesidades estéticas

- Diferenciación del producto. El producto es una ingeniería de integración que es vista con alguna frecuencia en la industria del control de procesos en general, pero en lo particular para el control de calderas, no es tan común, lo cual lo hace sobresalir dentro del estado actual de apropiación del producto.
- Orgullo de Posesión. El trabajo con este tipo de elementos, crea un orgullo particular en los operaciones, ya que la destacan como la caldera no sólo más grandes, sino como la más automatizada y de fácil operación.
- Motivación al Equipo de desarrollo. Igualmente la ingeniería de integración, por ser una rama tan nueva de diseño de ingeniería aplicada, es motivo de orgullo para el equipo de trabajo.

1.8.1.4 Clasificación del producto. Es importante conocer que tipo de producto se esta diseñando, para de esa forma tomar dediciones que afectaran su arquitectura y diseño industrial, es indispensable saber si el producto será para el servicio del usuario o cumplirá una función netamente tecnológica. En la figura 29 se esquematiza la posición ubicada por este producto para este parámetro:

Figura 29. Clasificación del Producto

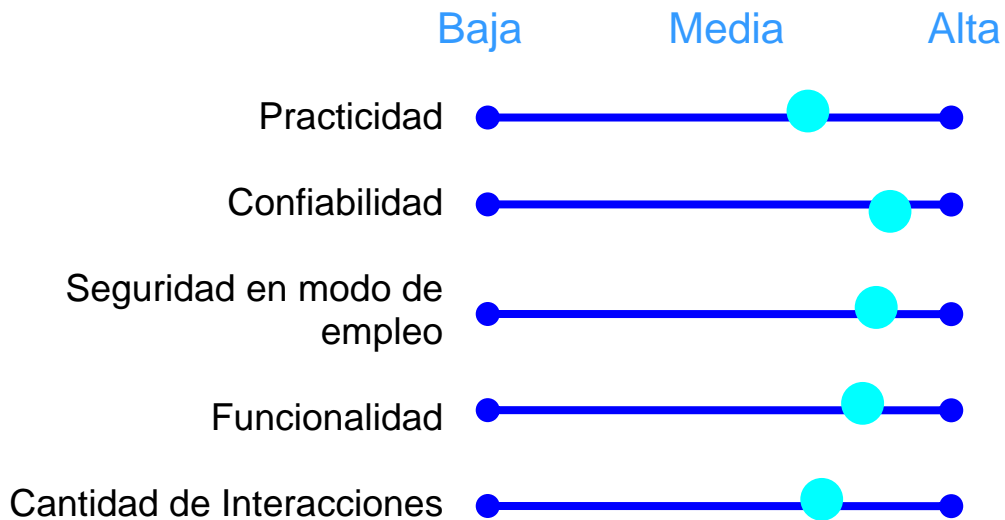


Fuente: Diseño Propio.

1.8.1.5 Valoración del Diseño Industrial. Luego de identificar nuestro producto dentro de la escala de la tecnología, es importante valorar que aspectos del diseño industrial son realmente importantes y además conocer cual es esa importancia para enfatizar los esfuerzos hacia estos sectores.

- Valoración del DI para la Ergonomía: La aplicación de diseño industrial, conlleva valoraciones de criterio a dos variables fundamentales, una ellas la ergonomía. En la figura 30, se muestra la valoración dada por los aspectos considerados por el DI, según prioridades Baja media y alta para el Usuario Final:

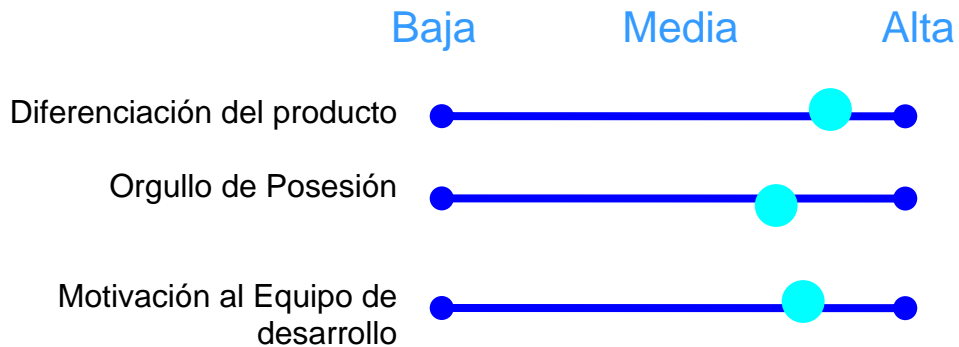
Figura 30. Valoración del DI para la Ergonomía



Fuente: Diseño Propio

- Valoración del DI para la Estética: Análogamente, la valoración del tipo estético al diseño es relevante en la medida que el producto tenga connotaciones de interacción directa con un usuario final gran parte de tiempo de uso. La aplicación de diseño industrial, en su segunda valoración fundamental, la estética, se presenta en la figura 31, donde se ejemplifica la calificación dada por los aspectos considerados por el DI, según prioridades Baja media y alta para el Usuario Final:

Figura 31. Valoración del DI para la Estética



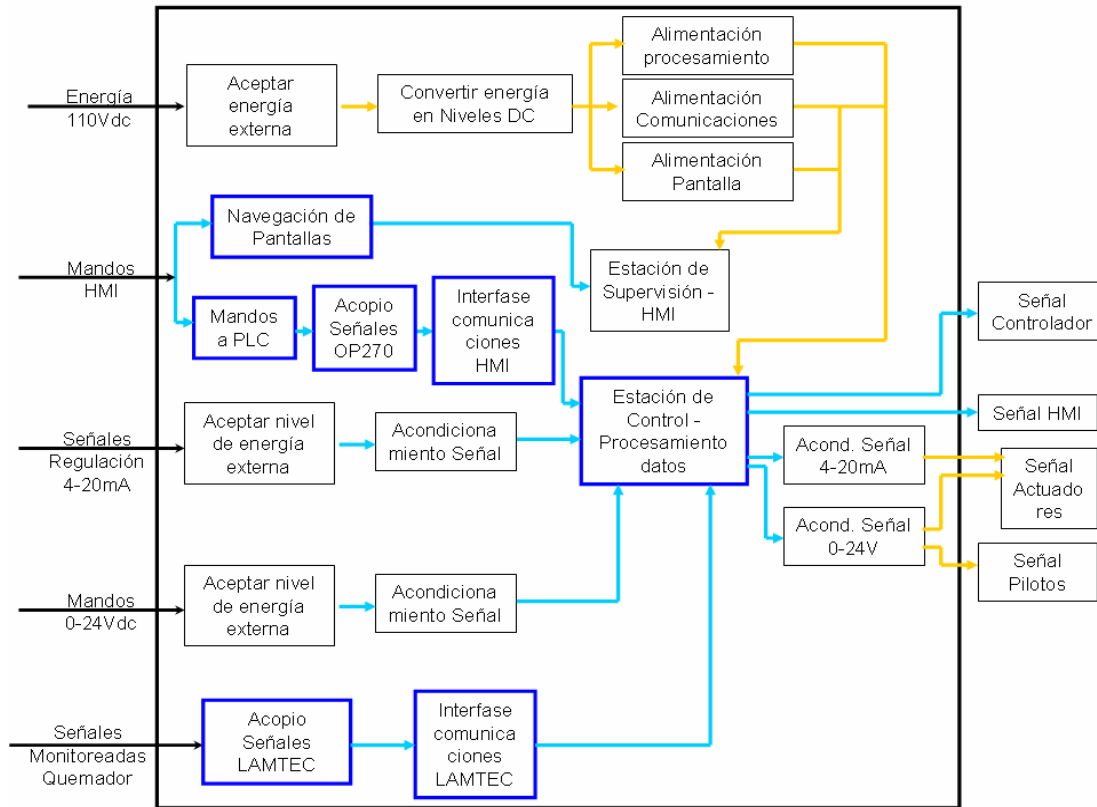
Fuente: Diseño Propio

En conclusión el diseño industrial arroja en su valoración que los aspectos mas importantes versan en la facilidad de operación, la seguridad que genera su uso, la confiabilidad, la diferenciación de otros sistemas y la motivación que genera en los desarrolladores.

1.8.1.6 Interacciones del Sistema. Para el desarrollo de la arquitectura de producto, se requiere conocer las interacciones del sistema dadas en la descomposición funcional, identificándolas como fundamentales e incidentales. Las primeras como interacciones planificadas base del correcto funcionamiento del sistema y las segundas como elementos causantes de interferencia entre los conjuntos percibidos, debido a su funcionamiento y/o disposición física.

- Interacciones fundamentales. Se definen como las relaciones entre las subfunciones, donde las uniones naranjas indican relaciones de energía y las uniones azules relación de señales. Estas proveen información acerca de las interacciones de los conjuntos. La figura 32 las esquematiza:

Figura 32. Interacciones Fundamentales



Fuente: Diseño Propio

- **Interacciones Incidentales.** Se relacionan con aquellas que de uno u otro modo afectan los subsistemas indirectamente en algunos casos de manera contraproducente con la función que desempeñan. La figura 33 las esquematiza:

```
graph LR
    A[Aceptar energía externa] --> B[Convertir energía en Niveles DC]
    B --> C[Alimentación procesamiento]
    B --> D[Alimentación Comunicaciones]
    B --> E[Alimentación Pantalla]
    F[Navegación de Pantallas] --> G[Estación de Supervisión - HMI]
    H[Mandos a PLC] --> I[Acopio Señales OP270]
    I --> J[Interfase comunicaciones HMI]
    J --> G
    K[Aceptar nivel de energía externa] --> L[Acondicionamiento Señal]
    L --> M[Estación de Control - Procesamiento datos]
    N[Aceptar nivel de energía externa] --> O[Acondicionamiento Señal]
    O --> M
    G --> P[Señal Controlador]
    M --> Q[Señal HMI]
```

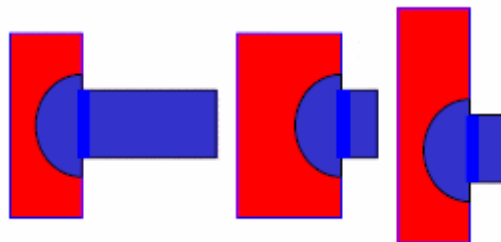
El diagrama de flujo ilustra la arquitectura de control de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Cádiz. El proceso comienza con la aceptación de energía externa, que se convierte en niveles de DC y se distribuye a tres unidades de alimentación: procesamiento, comunicaciones y pantalla. La navegación de pantallas se dirige a la estación de supervisión HMI. Los mandos a PLC se conectan al acopio de señales OP270, que a su vez se conecta a la interfase de comunicaciones HMI, también dirigida a la estación de supervisión HMI. La aceptación de niveles de energía externa se acondiciona y se envía a la estación de control y procesamiento de datos. Finalmente, la estación de supervisión HMI genera la señal de controlador, y la estación de control y procesamiento de datos genera la señal HMI.

1.8.1.7 Arquitectura de Producto. La arquitectura evidencia el diseño dentro de la integralidad o modularidad de su construcción, su análisis se proyecta gradualmente desde la fase de planificación, para finalmente realizar un análisis a fondo y detallado de lo representará para el producto final su arquitectura.

- Definición tipo de Arquitectura. Se ha definido un tipo de arquitectura para el producto modular del tipo fabricado para ajustarse a una modularidad, debido a su esquema constitutivo de piezas con funciones específicas que pueden ser removidas o cambiadas con cierta facilidad, conservando las especificaciones puntuales de fabrica para facilitar reemplazos. Entre otras este tipo de arquitectura le permitirá al diseño:

- Usar partes estándar de fácil consecución en el mercado.
- Costo justo de partes.
- Debido al la diferenciación de los sistemas permite una fácil identificación de ellos, acortando el tiempo de mantenimiento.
- Facilidad de variación del diseño.
- Adaptabilidad del diseño a otras arquitecturas de proceso o maquinas similares.

Figura 34. Modularidad



Fuente: Clases Arnaldo Méndez Pupo – Diseño Mecatrónico – U. Autónoma

1.9 PROCESO DE DISEÑO DETALLADO

1.9.1 FASE 4: Diseño Detallado – Ingeniería de Detalle. Con el panorama arrojado por las anteriores fases, y los desarrollos implementados al momento, se inicia el proceso de ingeniería de Detalle de los diversos subsistemas y elementos del proyecto. A continuación se describen con sus consideraciones pertinentes.

1.9.1.1 Arquitectura de Ingeniería de Integración. Finalmente la Ingeniería de integración se define en una óptima arquitectura que conjuga dinámicamente los elementos asociados a ella para el logro de los objetivos de la integración. Los siguientes elementos conformarán este ítem:

- Elementos de la Arquitectura del Redes de control
- Arquitectura seleccionada
- Implementación de la Arquitectura

1.9.1.2 Asimilación de las estrategias de control de proceso. Se requiere reconocer las estrategias de control de proceso y las generalidades de mismo, en pro de un óptimo diseño detallado del sistema supervisorio y del proceso de enlace de variables del HMI con el Software de Control. Se requiere asistencia principalmente de los Ingenieros de proceso y de desarrollo de la estrategia, para lograr encarnar con precisión y calidad los mandos del proceso y las variables a monitorear; para ello es importante tener presente:

- Esquemas normalizados según normatividad SAMA, de las estrategias de control, por Colmáquinas Construcciones.
- Esquemas normalizados de estrategias de control según norma IEC, por Kamati Ltda.
- Variables de trabajo, su funcionalidad y enlace

1.9.1.3 Desarrollo de HMI de proceso. Con los requerimientos y el panorama deseado del HMI, se procede a diseñar e implementar las pantallas de trabajo en la aplicación Protool Pro, en la medida de las necesidades del cliente y la funcionalidad del sistema. Se desarrollan los puntos para la ingeniería de detalle como suceden:

- Revisión de especificaciones del Panel Operador versus los requerimientos del sistema.
- Cantidad, tipo y funcionalidad de Variables
- Imágenes de lazos de control reflejados en la implementación gráfica en el HMI.
- Concurrencia del desarrollo con el reconocimiento de elementos adicionales a implementar al interior de las estrategias de control para el logro de la óptima funcionalidad que no se reconocieron en esta fase.

1.9.1.1 Arquitectura de Ingeniería de Integración

- Elementos de la Arquitectura del Redes de control. Según el estudio arrojado por el desarrollo del método hacia la selección del concepto, la finalidad es una arquitectura operativamente confiable, estable y segura ante fallas. Se tomaron entonces las siguientes decisiones de conectividad para el diseño de la red:
 - Maestro de la red de control. PLC S7 300 CPU 315-2DP, PLC de trabajo con dos puertos habilitados para el enlace a la arquitectura de la siguiente manera:

Puerto MPI:	OP 270
	Estación de Ingeniería

Puerto Profibus DP:	Controlador Quemador - Quemador Caldera
---------------------	---

Se eligió dedicar el canal DP del puerto dos para las comunicaciones con el controlador Lamtec del Quemador Oertli, en la medida de la importancia del proceso de quema para la caldera. El puerto MPI, se destino para la gestión de

datos del sistema con el maestro OP270. Los dos enlaces de red funcionan a 187.500 Kbps.

- Maestro del PLC. OP 270

Puerto USB: Ratón

Puerto MPI: PLC

El enlace del ratón se eligió por versatilidad, funcionalidad, compatibilidad y agilidad. La opción de conectividad MPI fundamentada en la destinación de un canal dedicado del PLC con el con FMS5, además de la confiabilidad y velocidad que aporta al PC Industrial en su enlace.

- Esclavo del PLC

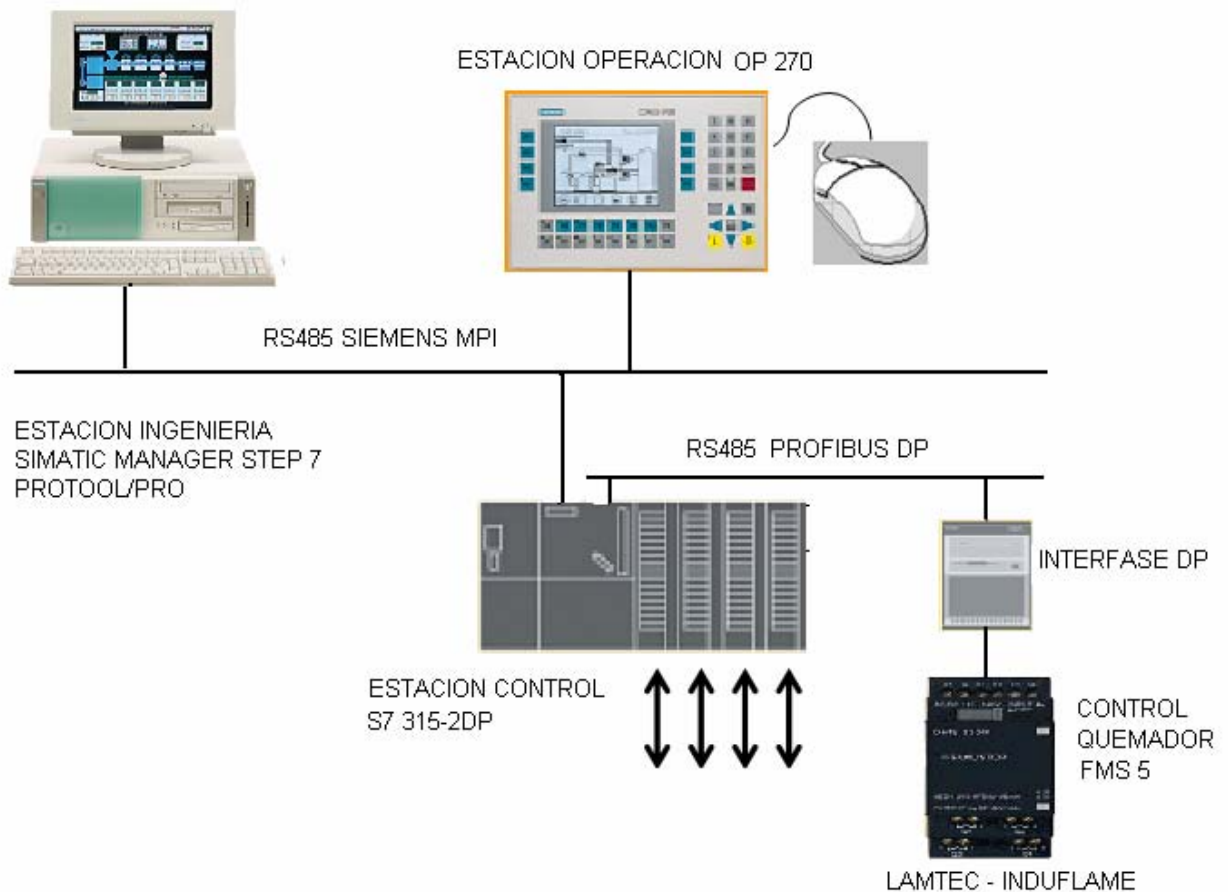
Controlador FMS5

Puerto Profibus DP PLC: Lamtec FMS5

Es la opción más prometedora de nivel físico y de protocolo de comunicaciones para esta arquitectura dominada por los maestros Siemens de la arquitectura. Análogamente la elección del protocolo Modbus, conllevaría la compra de un paquete ofrecido por Siemens denominado *Protocolo Modbus esclavo con formato RTU* con un costo bajo licencia individual de 5.523.500 pesos, precio de lista, lo cual encarecería considerablemente los costo de equipos para el desarrollo.

- Arquitectura Seleccionada. Con los criterios de selección anteriormente expuestos y las consideraciones para cada uno de los ítems de la integración, se consolida el siguiente esquema de arquitectura para la solución (Figura 35):

Figura 35. Arquitectura de Sistema



Fuente: Diseño Propio

- Implementación de la Arquitectura. Para el logro de la conectividad de la arquitectura, se debe configurar la misma de modo tanto físico como programado en este orden, según los presentes elementos:
 - Enlace Físico: Con el diagrama realizado en la arquitectura seleccionada para el sistema, se procede a interconectar los elementos funcionales del sistema con las características exhibidas por la tabla 16 de la siguiente manera:

Tabla 16. Enlace físico de arquitectura

ITEM	ELEMENTO	CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
1	OP270 a PLC	Cable tipo serial DB9	Conexión a PLC a 187,5 kbps
2	Estación de ingeniería a PLC	Cable Siemens PC Adapter Profibus/MPI/PPI	Conexión a PLC y a OP270 a 187,5 kbps o superior para configuración y descarga de programa
3	Estación de ingeniería a KOM PROCESSOR	Cable tipo serial DB9	Conexión a interfase con controlador a 9,6 kbps para configuración y descarga de programa
4	KOM PROCESSOR del Lamtec FMS5 a PLC	PG Fast Connect + Cable Profibus	Conexión a PLC a 187,5 kbps

Fuente: Diseño Propio

○ Enlace programado. Seguidamente de las conexiones físicas, se deben programar los controladores Lamtec, PLC y el OP270, con sus correspondientes interfaces.

○ Lamtec FMS5. El controlador del quemador, es programado por el especialista de la marca Ing. Rolland Hass, con los parámetros propios del proceso y de los ándares adoptados por la marca. La integración en este caso requiere de dos elementos fundamentales para la conectividad:

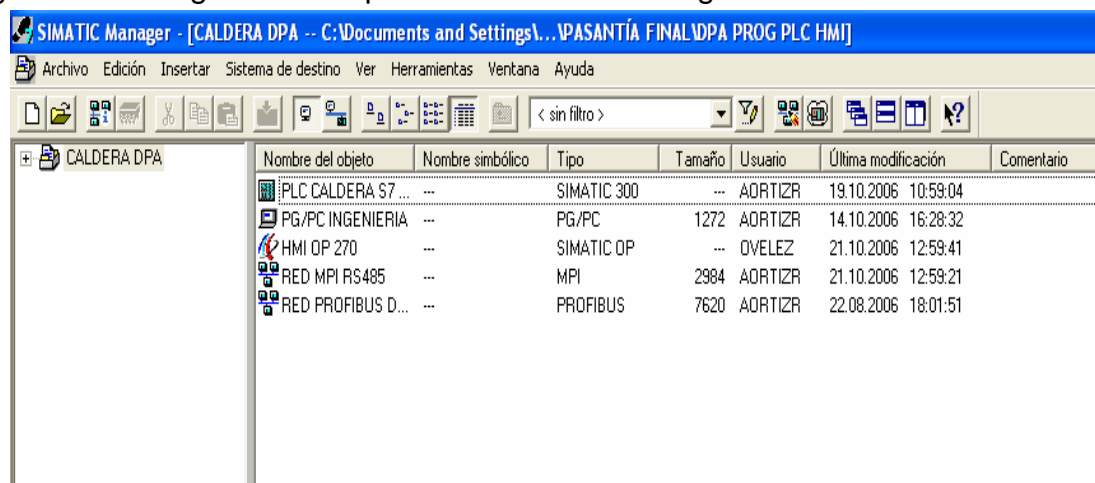
- Ajuste interfase Profibus DP a 187,5 Kbps.
- Área de datos del protocolo que interesa para el monitoreo de variables, alarmas y fallas del proceso controlado por el equipo.

○ PLC S7300. El autómatas se parametriza con el software desarrollador de estrategias de control Simatic Step7, gracias a su herramienta de Administrador

Simatic, el cual permite configurar progresivamente el proyecto, indexando cada uno de los elementos referentes al mismo.

La configuración inicia asignando un nombre a un proyecto nuevo anexándole cada uno de los componentes que se integrarán, como se muestra en la figura 36:

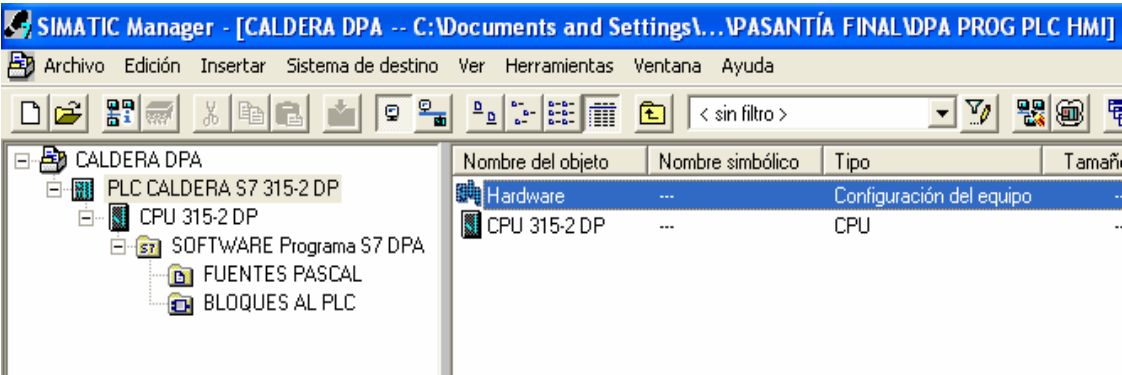
Figura 36. Configuración Arquitectura Simatic Manager



Fuente: Imagen Proyecto en Simatic Manager – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

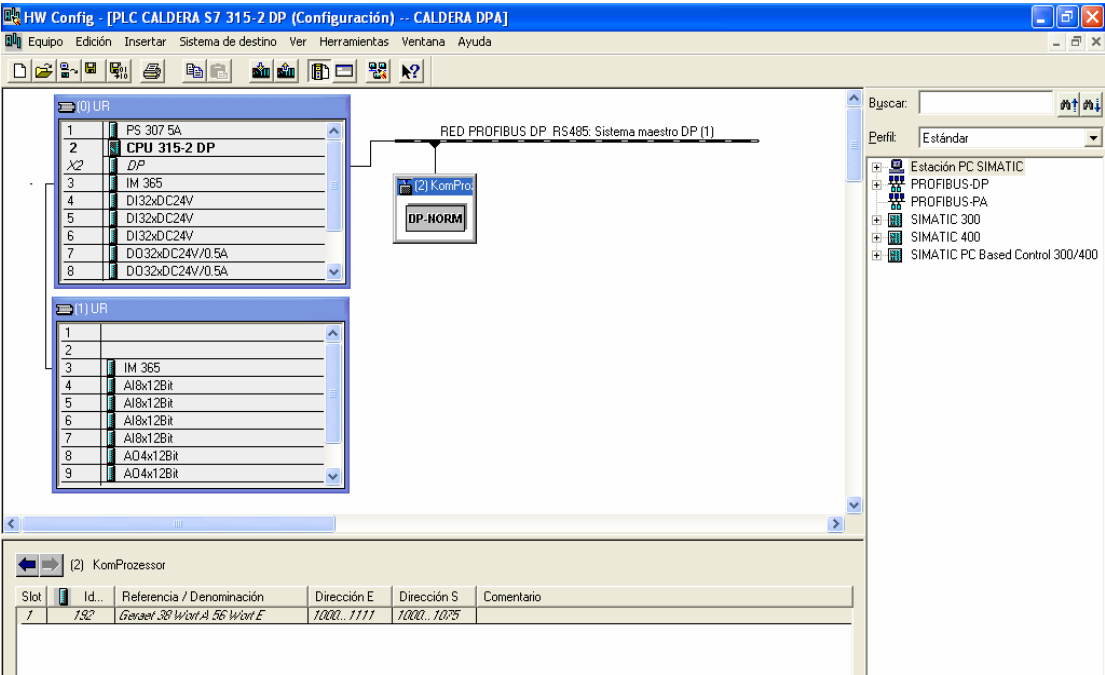
Seguidamente de parametriza el maestro de la red, PLC S7300 CPU315-2DP, en la aplicación HW Config, ingresando a la opción de Hardware que se aprecia en la figura 37, donde se anexa la disposición de los equipos en los racks, módulos de entradas y salidas, comunicaciones, fuente, puertos de conexión, entre otros, como se muestra en al figura 38.

Figura 37. Configuración Hardware de la Arquitectura Simatic Manager



Fuente: Imagen proyecto en Simatic Manager – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

Figura 38. Configuración HW Config.

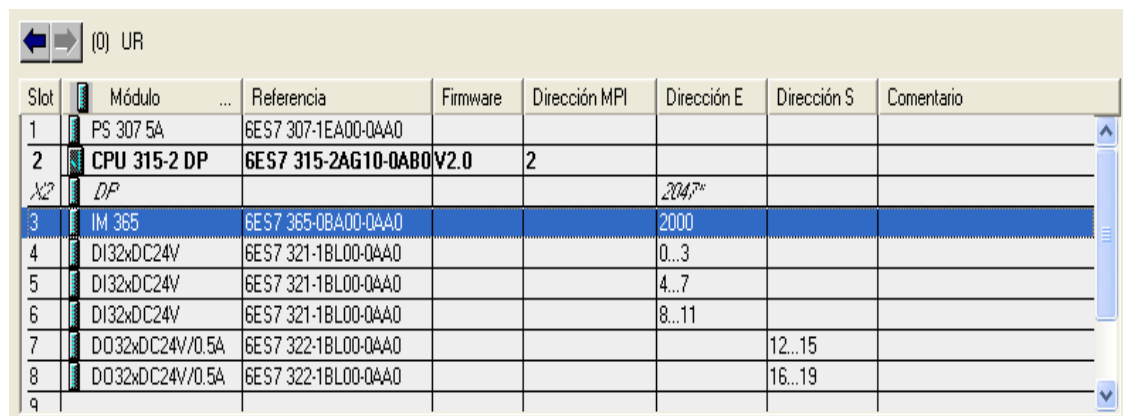


Fuente: Imagen proyecto en Simatic Manager – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

Como se aprecia en la anterior imagen, se anexan los equipos según correspondan físicamente y en cuantos racks se creen, dados por el número de equipos y por las ventanas configuradotes (Ventanas de título UR en la imagen referida). Para este caso existen dos ventanas en la medida que como se mencionó en la ingeniería básica realizada para el proyecto, el número de módulos supero el permitido para un rack, por tal motivo se relacionó en el inventario de equipos el módulo IM365, el cual comunica las ventanas UR0 y UR1, como se muestra en la figura 38.

Al crear la configuración del hardware disponible para el trabajo como se muestra en la figura anterior, igualmente se detallan los espacios de memoria asignados para cada uno de los módulos en el PLC, de forma automática o para ser asignados por el programador, como se detalla en la figura 39:

Figura 39. Detalle de parametrización de espacios en memoria



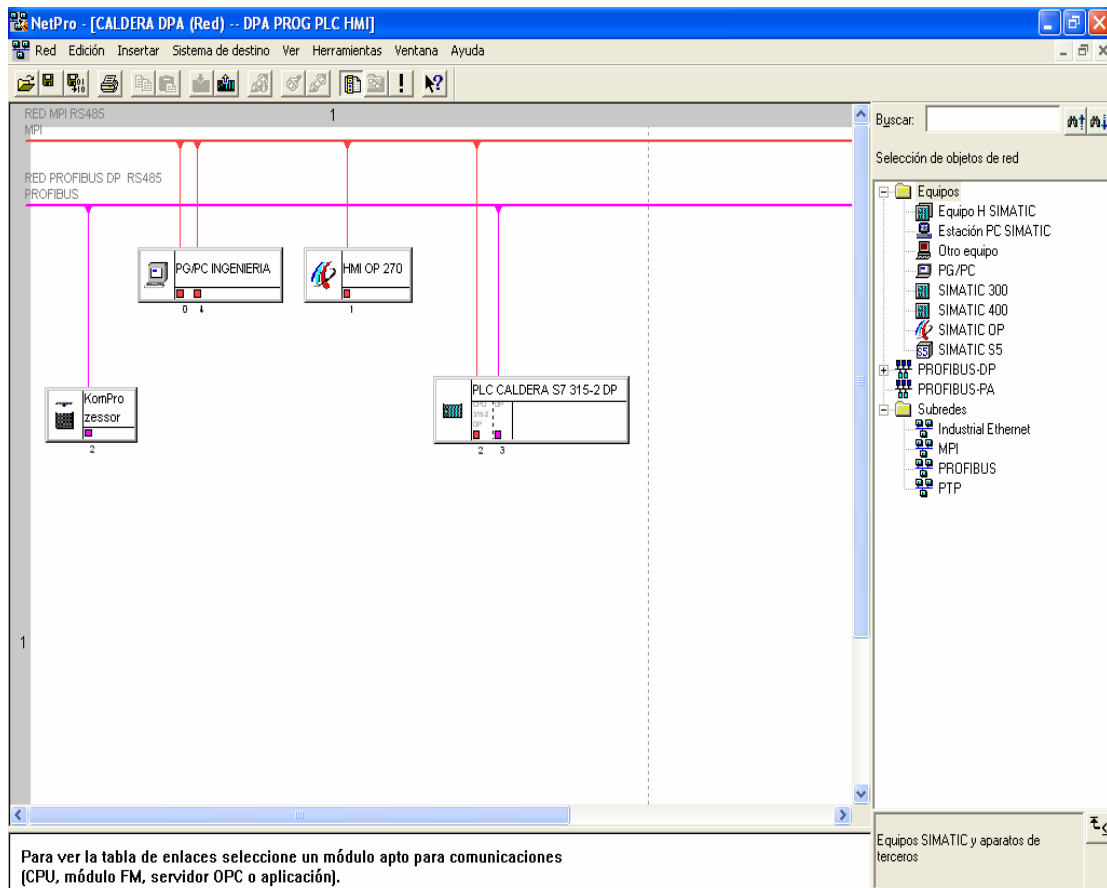
Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S	Comentario
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0					
2	CPU 315-2 DP	6ES7 315-2AG10-0AB0	V2.0	2			
3	IM 365	6ES7 365-0BA00-0AA0			2048	2000	
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			0...3		
5	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			4...7		
6	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			8...11		
7	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				12...15	
8	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				16...19	

Fuente: Imagen proyecto en Simatic Manager – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

Step 7 posee una herramienta denominada NetPro, para la gestión interconectada de arquitecturas de proceso que integren o no equipos siemens. La herramienta permite crear diseños propios o arrojar el compilado de la creación de elementos

en el HW Config. Para el presente proyecto, la siguiente figura 40, expresa el resultado arrojado por la herramienta:

Figura 40. Arquitectura de sistema en NetPro



Fuente: Imagen proyecto en Simatic Manager – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

La imagen muestra como se enlazan los equipos a las redes de control disponibles. La herramienta permite configurar posibilidades en la medida de la compatibilidad de los equipos. Su creación se inicia creando las redes de control disponibles y enlazando los equipos necesarios, seleccionándolos de los

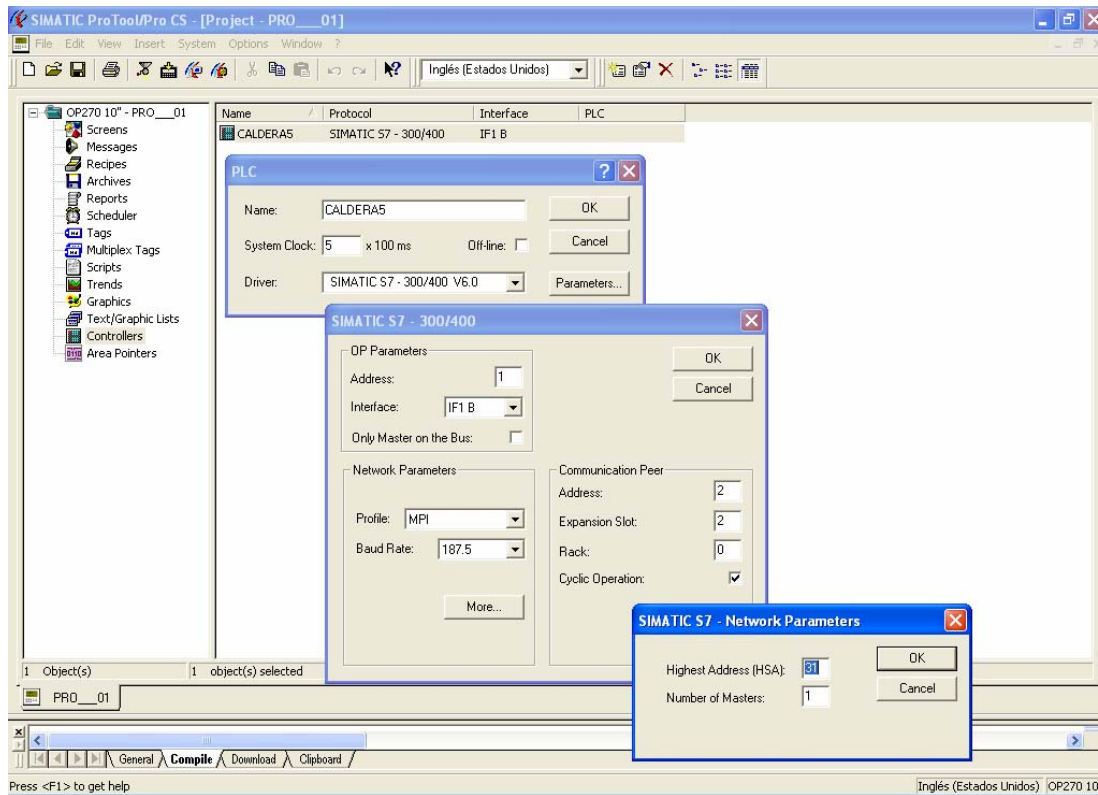
disponibles de la ventana derecha y arrastrándolos a la izquierda uno a uno. El paso final es unirlos a la correspondiente red de trabajo. La herramienta permite configurar posibilidades en la medida de la compatibilidad de los equipos, corrigiendo problemas de diseño al momento de configurar la red por medio de esta herramienta.

- Panel Operador OP 270. El panel de trabajo se configura inicialmente actualizándole la versión de sistema operativo disponible en el desarrollador, Protool para este caso, configurándole los parámetros de transferencia debidos, según la interfaz con la que se cuente.

Al estar actualizado podemos transferirle la programación realizada en el desarrollador de HMI, pero antes debemos de configurar la conexión del equipo según la arquitectura de trabajo propuesta.

De esta manera, en la figura 41, se especifican las propiedades a modificar, donde inicialmente se debe crear para el desarrollo un controlador, nombrarlo (primera ventana pequeña de izquierda a derecha) y asociarlo a un PLC de la familia Siemens S7300 en este caso. Paso seguido se oprime la opción de parametrizar, donde se despliega la ventana Simatic S7300/400, intermedia en la imagen, para configurar la interfase, el medio físico de transmisión, la velocidad, la dirección de las estaciones. Si se desea igualmente se puede configurar la estación remota más alta, accediendo a la parametrización avanzada de la red, donde se despliega la ventana más pequeña de la derecha de la imagen referida, entre otros aspectos para la comunicación.

Figura 41. Parametrización enlace a OP270



Fuente: Imagen proyecto en Protool / Pro – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

1.9.1.2 Asimilación de las estrategias de control de proceso

- Esquemas normalizados según norma SAMA, de las estrategias de control, por Colmáquinas Construcciones. Desde le inicio del proyecto, Colmáquinas entregó a Kamati quince esquemas de control de proceso para la elaboración de las estrategias de control y enlace de variables con lazos de control del sistemas supervisorio. No están disponibles para el lector en el presente proyecto por reserva del autor.

- Esquemas normalizados de estrategias de control según norma IEC, por Kamati Ltda. Los esquemas implementados con la norma correspondiente se especifican en el aparte dos del capítulo cuatro. No están disponibles para el lector en el presente proyecto por reserva del autor.

- Variables de trabajo, su funcionalidad y enlace

- Cantidad de variables. Existen dos paquetes de variables, inscritas en las de control y el HMI, son dos conjuntos similares pero con diferencias que se explican en los apartes de tipo y funcionalidad. En cuanto a cantidad no depende la una de la otra, se trata de la magnitud del proyecto final.

- El control. El PLC utilizado, al igual que todos los ofrecidos en el mercado actual, posee un número limitado de espacio en memoria para el funcionamiento, el desarrollo de la estrategia y el asocio de la misma con variables, que es administrado por el software de desarrollo, el Step 7. Así las cosas se debe determinar un espacio funcional (para evitar el traslape con otros procesos, minimizando los errores por cruce de referencias) y organizado (creando facilidades en el momento de su administración y apropiación para la programación) para el desarrollo, facilitando igualmente la tarea del enlace de variables. Usualmente se distribuye en partes equitativas según los subprocesos en los cuales se divide el sistema, y delimitando un espacio de reserva para procesos conexos que surgen en el momento de las pruebas y el refinamiento o de la puesta en marcha de la estrategia.

- Tipo y Funcionalidad. Las variables de la ingeniería de integración, se clasifican de manera general en dos grandes grupos, las que hacen parte de la aplicación para el control y las del HMI. A su vez se dividen en dos subgrupos iguales para cada uno de los dos anteriores: Variables de Periferia o de Conexión y las

Variables Internas. En el siguiente aparte se puntualizará en el tema. Las variables en general deben estar gobernadas por rangos operativos que les permitan ofrecer confiabilidad de permanencia al valor asignado para ellas, con el objetivo de evitar problemas con el formato para el que fueron diseñadas, el tiempo de muestreo, el cambio de valores predeterminados, entre otros aspectos importantes para su funcionalidad.

- Tipología de Enlace. La tipología del enlace de variables se percibe dentro de la subdivisión de las variables del tipo Interno o de Conexión entre el sistema supervisorio y las estrategias de control. Por ello se explicarán las divisiones expuestas anteriormente para comprender a fondo la tipología de los enlaces:

- Variables de Control. Son las variables generadas en la estrategia de control, para el logro de los objetivos de programación propuestos por el cliente y el programador. Se formulan dentro de la aplicación del desarrollo - Simatic Manager - Step 7 - para diferentes propósitos, y se nombran bajo los preceptos dictados por el cliente, por los asignados a los tags y por las facilidades de percepción que le aporta la genialidad del programador en el momento de la creación. La siguiente imagen 42, relaciona el editor de Símbolos del Step7, donde se crean cada una de las variables con sus correspondientes características. Aquí se pueden apreciar variables con diversas direcciones y tipos de datos admisibles. Para el efecto, por ejemplo la variable de tipo de dato INT de dirección PEW 1014, relaciona variables que provienen de alguna periferia asociada, en este caso del controlador Lamtec del quemador, la cual envía vía profibus por este segmento el código de falla actual del controlador FMS5.

Figura 42. Editor de Símbolos Step7

	Estado	Símbolo /	Dirección	Tipo de dato	Comentario
452		FMS_AI_62	PEW 1084	INT	DE FMS POR PROFIBUS
453		FMS_AI_63	PEW 1086	INT	DE FMS POR PROFIBUS
454		FMS_AI_64	PEW 1088	INT	DE FMS POR PROFIBUS
455		FMS_ALARMA_LT1_LT2	PEW 1054	INT	DE FMS POR PROFIBUS
456		FMS_CANAL1_ZCD-AIR	PEW 1040	INT	POSICION DEL DAMPER DE AIRE - TIRO FORZADO
457		FMS_COMM_DP_FMS	PEW 1022	INT	0=NO COMUNIC KOM-PROCESOR CON FMS /1=SI COMUNIC KOM-PROCESOS CON FMS
458		FMS_CONTROLACTUALVALUE	PEW 1038	INT	VALOR ACTUAL DEL CONTROLADOR (TEMPERATURA CALDERA)
459		FMS_D1	PEW 1090	INT	DE FMS POR PROFIBUS
460		FMS_DIG_OUTPUTS	PEW 1026	INT	DE FMS POR PROFIBUS
461		FMS_FAULTCODE	PEW 1014	INT	DE FMS POR PROFIBUS
462		FMS_GAS_OPERATION	E 11.0	BOOL	FMS GAS OPERATION / FMS -5 / GAS / 58K2[NA]
463		FMS_INTERNAL_LOAD	PEW 1036	INT	VALOR DE CARGA EN PORCENTAJE (0..100)
464		FMS_LOAD_VALUE	PEW 1000	INT	EN %
465		FMS_MENSAJE_NO	PEW 1096	INT	DE FMS POR PROFIBUS
466		FMS_MESSWERT_1_CO_MONOX	PEW 1062	INT	DE FMS POR PROFIBUS
467		FMS_MESSWERT_2	PEW 1064	INT	DE FMS POR PROFIBUS
468		FMS_MESSWERT_3	PEW 1066	INT	DE FMS POR PROFIBUS
469		FMS_MESSWERT_4	PEW 1068	INT	DE FMS POR PROFIBUS
470		FMS_O2_ACTUAL_VALUE	PEW 1028	INT	VOLUMEN % DE O2
471		FMS_O2_SP	PEW 1024	INT	O2 SET POINT EN %
472		FMS_OIL_OPERATION	E 10.7	BOOL	FMS OIL OPERATION / FMS-5 / OIL / 58K1[NA]
473		FMS_OPER_BASE_LOAD	M 311.6	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
474		FMS_OPER_CTRL_RELEASED	M 311.7	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
475		FMS_OPER_FAULT	M 310.1	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
476		FMS_OPER_IGNIG_REACHED	M 311.5	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
477		FMS_OPER_MODE	PEW 1016	INT	DE FMS POR PROFIBUS
478		FMS_OPER_OFF	M 311.1	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
479		FMS_OPER_POST_VENTIL	M 310.0	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
480		FMS_OPER_POWER_ON	M 311.0	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
481		FMS_OPER_PRE_VENTILATION	M 311.3	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
482		FMS_OPER_READY	M 311.2	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
483		FMS_OPER_STAR_MOVE_IGNIG	M 311.4	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
484		FMS_OPERACION_LT1	PEW 1052	INT	DE FMS POR PROFIBUS
485		FMS_OUT_COMB_AIR_FAN_ON	M 312.0	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
486		FMS_OUT_FAULT_RELAY	M 313.7	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
487		FMS_OUT_GAS_VALVE_1	M 313.4	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
488		FMS_OUT_GAS_VALVE_2	M 313.6	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
489		FMS_OUT_HIGH_FIRE_REACH	M 312.2	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS
490		FMS_OUT_IGNIT_VALVE	M 313.1	BOOL	DE FMS POR PROFIBUS

Pulse F1 para obtener ayuda. NUM

Fuente: Imagen proyecto en Simatic Manager – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

Igualmente existen registros de memorias (Dirección M X.X), estados de entradas (Dirección E X.X), salidas, y demás elementos básicos para el logro del acopio de diversos tipos de dato para diferentes direcciones de variables.

- Variables de periferia. Dentro de la estrategia se conocen las variables de periferia como las que estarán incluidas en el búfer de comunicaciones con el HMI de proceso. No se requiere que se almacenen en lugares específicos, ni que se

nombre como tal para este caso, simplemente se disponen para que sean apropiadas por el HMI según corresponda y según los requerimientos que tenga el HMI para su visualización.

- Variables internas. Aquellas variables que son de uso exclusivo de la estrategia de control, son denominadas como internas. Al igual que las anteriores no requieren un tratamiento especial, simplemente se usan según se requiera dentro de las destinadas en el espacio de memoria del PLC de trabajo. Al igual que las anteriores, pueden ser usadas como del tipo global o local en la estrategia.

1.9.1.3 Desarrollo de HMI de proceso. Luego se conocer los requerimientos, y el deseado del HMI, se procederá a diseñar e implementar las pantallas de trabajo en la aplicación pertinente, en la medida de las necesidades del cliente y la funcionalidad del sistema. Se requiere desarrollar los puntos:

- Revisión de especificaciones del Panel Operador versus los requerimientos del sistema.
 - Cantidad, Tipo y funcionalidad de Variables.
 - Reflejo de las necesidades del cliente en la implementación gráfica en el HMI.
 - Concurrencia del desarrollo con el reconocimiento de elementos adicionales a implementar al interior de las estrategias de control para el logro de la óptima funcionalidad que no se reconocieron en esta fase.
-
- Revisión de especificaciones del Panel Operador versus los requerimientos del sistema. El sistema que se desea poner a punto es un software para un OP, que gobernará las acciones de una estrategia de control dispuesta en un PLC Siemens de la familia S7300. Se debe tener en cuenta el enlace de variables, cantidad de las mismas, mímicos de proceso, estaciones a implementar, entre otros.

Las siguientes son las características más relevantes que se requieren para el desarrollo de la ingeniería de integración aportadas por el fabricante acerca del equipo OP270 10”:

- Puerto de Configuración / Enlace a red de control
 - Puerto Para Mouse / Teclado / Impresora
 - Capacidad de graficación
 - Aceptable resolución de pantallas
 - Pantalla a Color
 - Normas estándar para equipos industriales (IP-NEMA).
 - Capacidad mediana en memoria para almacenamiento
 - Operatividad del Teclado de membrana externo
 - Introducción de datos numéricos y alfabéticos
 - Conectividad con PLC S7300
 - Publicación de Avisos y alarmas de sistema
-
- Cantidad, tipo y funcionalidad de Variables
 - Cantidad de variables. Existen dos paquetes de variables, inscritas en las de control y el HMI, son dos conjuntos similares pero con diferencias que se explican en los apartes de tipo y funcionalidad. En cuanto a cantidad no depende la una de la otra, se trata de la magnitud del proyecto final.
 - El HMI. Igualmente el Hardware del HMI, posee un espacio de memoria limitado que igualmente es administrado por el software de desarrollo, el Protocol Pro. Análogamente se determina un espacio funcional (para evitar el traslape con otros procesos, minimizando los errores por cruce de enlaces) y organizado (creando facilidades en el momento de su administración para el enlace) para el desarrollo

de la aplicación funcional, lo cual redundará favorablemente en la tarea específica que requiere el desarrollo: el enlace de variables.

Aquí se aprovecha la distribución realizada para la estrategia de control y el espacio de reserva es utilizado para las variables internas, lo cual reduce el desgaste de la tarea de gestión de variables. Usualmente también se aprovecha el nombramiento realizado para referenciar uno similar en el HMI, con los mismos propósitos de ahorro de tiempo y facilidad de entendimiento, muy útil en el momento de las pruebas y el posterior refinamiento.

- Tipo y Funcionalidad. Las variables de la ingeniería de integración, se clasifican de manera general en dos grandes grupos, las que hacen parte de la aplicación para el control y las del HMI. A su vez se dividen en dos subgrupos iguales para cada uno de los dos anteriores: Variables de Periferia o de Conexión y las Variables Internas. En el siguiente aparte se puntualizará en el tema.

Las variables en general deben estar gobernadas por rangos operativos que les permitan ofrecer confiabilidad de permanencia al valor asignado para ellas, con el objetivo de evitar problemas con el formato para el que fueron diseñadas, el tiempo de muestreo, el cambio de valores predeterminados, entre otros aspectos importantes para su funcionalidad.

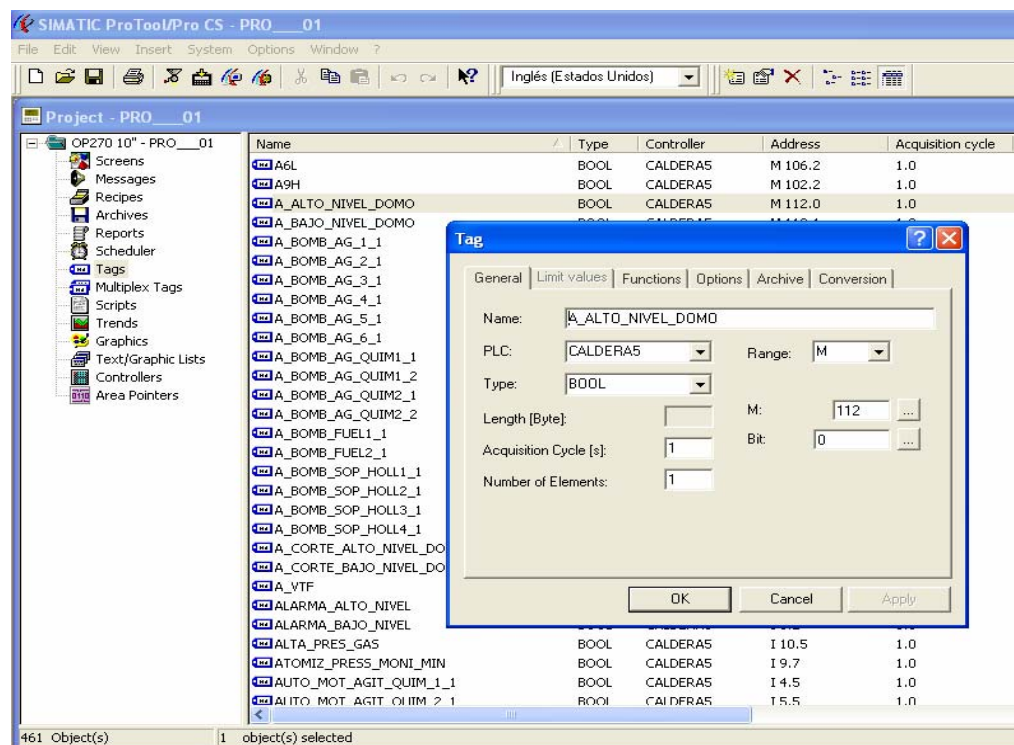
- Tipología de Enlace. La tipología del enlace de variables se percibe dentro de la subdivisión de las variables del tipo Interno o de Conexión entre el sistema supervisorio y las estrategias de control. Por ello se explicarán las divisiones expuestas anteriormente para comprender a fondo la tipología de los enlaces:

- Variables de HMI: Similarmente a las variables de proceso dadas en la estrategia de control, se formulan variables con similares nombres según su

propósito y acción con el enlace de variables. No son las mismas formuladas para la estrategia, dependen de las necesidades del accionar del HMI con el PLC, así entonces por cada mando y monitoreo debe existir por lo menos alguna conexión del tipo interno o de periferia.

- Variables de periferia: En el HMI, las variables de periferia se conocen como las asociadas a una conexión, siendo entonces aquellas variables que estarán incluidas en el búfer de comunicaciones con la estrategia de control de proceso. La conexión se debe realizar con el PLC dispuesto para el enlace, en este caso el Siemens S7 de la familia de los 300, de referencia 315-2DP. La siguiente figura 43 muestra la forma en la que se enlaza la presente conexión.

Figura 43. Enlace de Variables de Periferia



Fuente: Imagen proyecto en Protool / Pro – Proyecto Caldera DPA – Kamati Ltda.

Aquí, en la opción PLC de la ventana TAG, se selecciona el controlador al que se enlaza la variables, en este caso el nombrado como CALDERA5, de lo contrario sería una variable interna. De la misma forma se realizan para similares conexiones futuras que se deseen indexar en el sistema.

Las variables generadas para tal propósito, no se requiere que se almacenen en lugares específicos, ni que se nombren como tal para este caso, simplemente se disponen para que sean apropiadas por el HMI según corresponda. La única diferencia radica en que se les debe asociar dentro de sus propiedades una conexión preestablecida para el proyecto, en este caso con el PLC S7 315-2DP del desarrollo, para que el sistema reconozca de donde debe tomar valores para esta asignación.

La asignación de la conexión, se explica en el apartado 10.2.3.1, en la implementación de la arquitectura de control y gestión

- Variables internas: Aquellas variables que son de uso exclusivo del HMI dentro de los Scripts que se creen como estrategias al interior de la pantalla de proceso. Son denominadas como internas, por su accionar intrínseco en el hardware de monitoreo y mando y por que no se encuentran relacionadas en el búfer de comunicaciones para el enlace de variables de periferia. Al igual que las anteriores no requieren un tratamiento especial, simplemente se usan según corresponda. Al igual que las anteriores, pueden ser usadas como del tipo global o local en la estrategia.

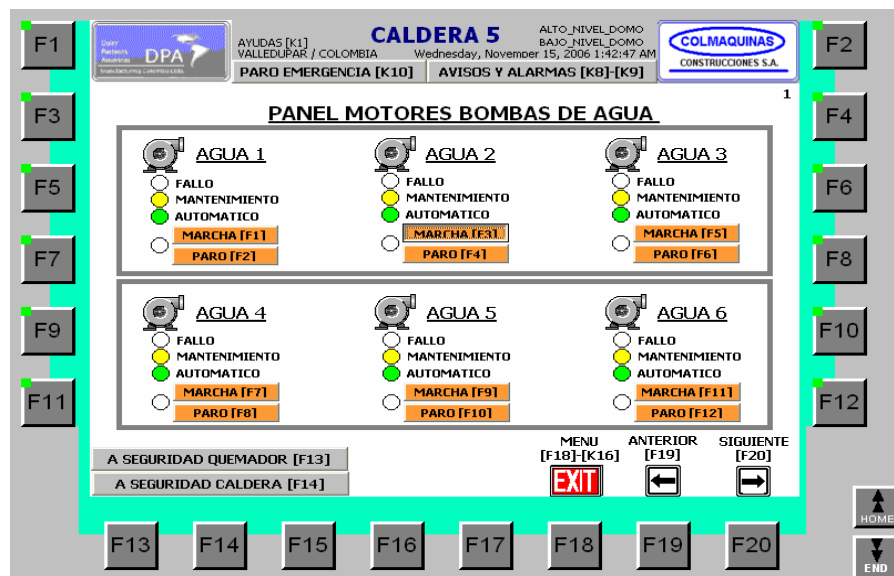
- Reflejo de las necesidades del cliente en la implementación gráfica en el HMI

Las necesidades y requerimientos del cliente, en conjunto con la solución escogida en el proceso de diseño, se deben plasmar en la solución desarrollada en conformidad con el desarrollo del concepto seleccionado. Se

analizarán los valores finales dados por algunas de las métricas para el diseño del sistema y su cumplimiento en la implementación gráfica, en la medida que el análisis de unas conllevará a las otras:

- Mandos: Los mandos del sistema se realizan por medio de los tres mecanismos fundamentales para el ingreso de parámetros: Clic con el ratón, Selección de teclas de función de la pantalla e ingreso de valores con el teclado de la pantalla. En la figura 44 se aprecia la versatilidad del uso de esta herramienta para la navegabilidad de pantallas y selección de mandos al sistema de control:

Figura 44. Mandos a paneles de Motores



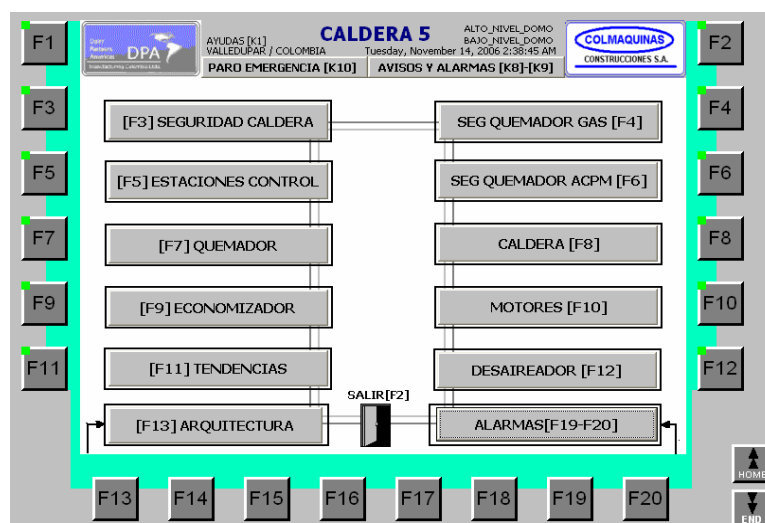
Fuente: Diseño propio, HMI Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

En la figura referida se aprecia el momento en el cual se oprime la tecla de marcha del motor de la bomba de agua 2, mando que análogamente se puede realizar con la tecla F3, del teclado externo del panel, tal como se especifica sobre la tecla para evitar errores de asimilación, análogamente con el botón de la bomba 1, con F1 y así sucesivamente.

La doble opción de mandos con el teclado y el Mouse previene la mala manipulación por daño de alguno de los dos dispositivos. Análogamente, se aprecia como se puede acceder a la opción de salida de la pantalla (imagen de 'exit'), con el ratón y además con dos teclas, la F18 y la K16, como se muestra en la figura, con el objetivo de evitar problemas de contacto con esta tecla a futuro en la medida de su uso repetitivo, aportando confiabilidad y adaptabilidad a la solución.

- Orden: El sistema fue ordenado en subsistemas para la navegabilidad amigable del usuario final, según el esquema presentado por la pantalla principal, como lo muestra la figura 45. Aquí se muestra la facilidad de entendimiento por el orden lógico de acceso a cada subsistema, su enlace con ratón o teclado esta delimitado por las teclas de función FN según corresponda, y todas las pantallas retornan nuevamente a esta para retomar los subsistemas sobre los cuales se trabaja en un momento determinado, aportándole adaptabilidad, confiabilidad en la navegación y gestión de mandos al usuario.

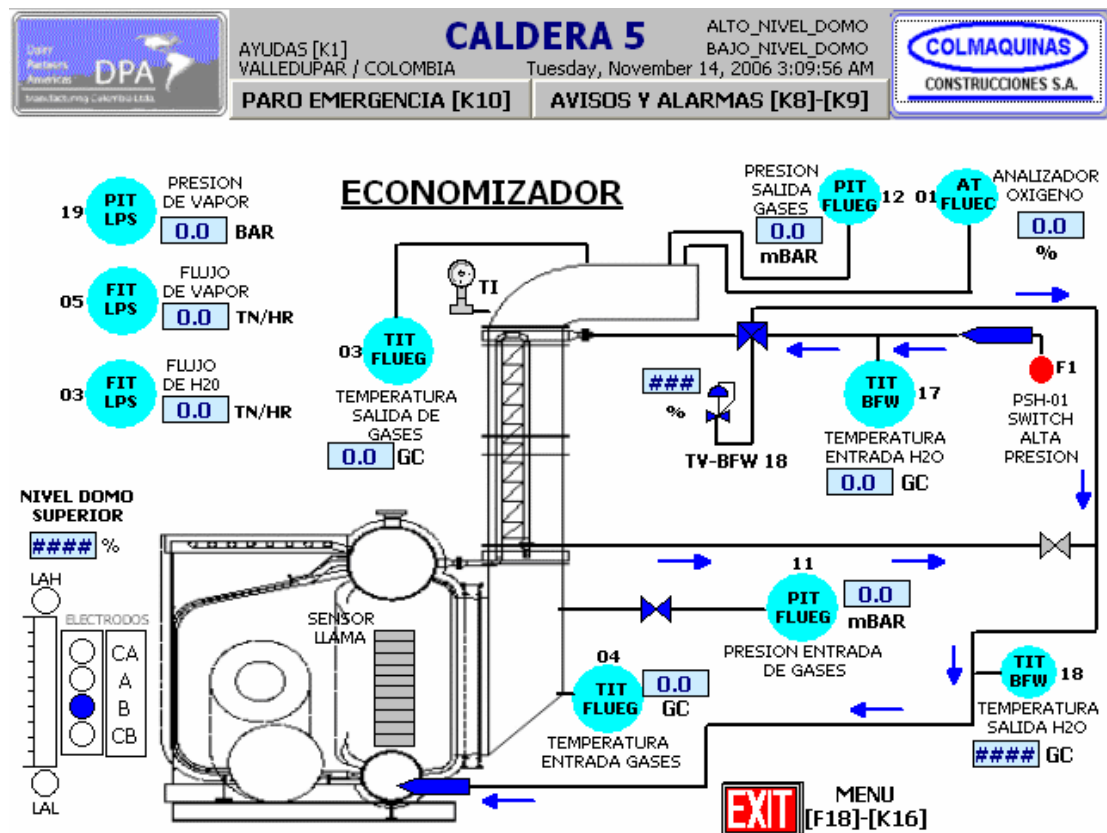
Figura 45. Pantalla Principal



Fuente: Diseño propio HMI Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

o Estética del Diseño: El valor de estética se aporta considerablemente al diseño conservando los esquemas de diseño de colores e imágenes bajo un mismo patrón, y de igual manejo para todo el desarrollo. Por ejemplo, los botones de navegación hacia todos los subsistemas son iguales, para navegar en subsistemas existen flechas iguales para cada caso, respetando colores, forma, posición, tamaño, entre otros aspectos visuales y organizacionales que permite la adaptabilidad del usuario a cargo de la administración de la herramienta. En la figura 46 se aprecian algunos casos de los ejemplos antes dados:

Figura 46. Desaireador



Fuente: Diseño propio HMI Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

- Concurrencia del desarrollo. El método utilizado para el desarrollo de la solución, permite reconocer factores que no se tuvieron en cuenta en la fase de planeación, ingeniería básica y de diseño de subsistemas, lo cual representa para esta etapa un ahorro de tiempo importante y un discernimiento de problemáticas en pro de la optimización del desarrollo, que no se reconocieron en esta fase.

Para el presente proyecto, con la aplicación de esta herramienta se pueden reconocer los siguientes factores:

- Elementos adicionales a implementar al interior de las estrategias de control para el logro de la óptima funcionalidad e ingeniería de integración. El acondicionamiento de variables a valores de ingeniería que aporten estandarización a los esquemas de supervisión, mayor número de valores normalizados entregados al usuario y que no recargan tareas al panel de operación con doble esfuerzo de programación, fue una de las herramientas que se utilizó ampliamente en la elaboración.
- Pantallas adicionales que amplíen y especifiquen más claramente esquemas de supervisión. Algunos esquemas de proceso eran altamente complejos y de gran tamaño, para ser monitoreados desde este OP, en mayor medida por condiciones de tamaño del panel, por ello en algunos casos se realizaron labores de reingeniería a los procesos diagramados en la herramienta de desarrollo, logrando mejores asimilaciones de proceso por parte del operador, evitando molestias, malas percepciones de funcionamiento, entre otros. Igualmente se logró una mayor armonía en el diseño gráfico.
- Pantallas de confirmación de mandos de proceso. Al momento de operar el sistema se requiere en algunas acciones la presencia de enlaces que se

traduzcan en confirmaciones de la acción, antes que en mandos propiamente realizados, por eventualidades de contactos equivocados, errores de digitación, errores de percepción de estado de los sistemas, entre otras variables que se acotan en campo previsible o intempestivamente. Ese es el caso con los mandos de paro de proceso, dispuestos en diversas pantallas, las cuales al ser presionados implican un paro, que en términos de proceso es considerado de alto impacto para el mismo, cuando se produce sin causa justificada. De allí la necesidad de confirmar el estado real que debe asumir el mando y la solución implementada: una pantalla de confirmación de la acción.

1.10 PROCESO DE REFINAMIENTO

1.10.1 FASE 5: Pruebas y Refinamiento. Una de las etapas relevantes en el proceso del diseño bajo la premisa del logro de la concurrencia, es la de la realización de pruebas que permitan conocer las fortalezas y debilidades del mismo a razón de los beneficios que presta al usuario final en acogida con el logro de los objetivos que se trazaron como premisas de diseño. Las pruebas finalmente seleccionadas fueron:

1.10.1.1 Comparación de resultados con las premisas de diseño

1.10.1.2 Simulación

Las pruebas se realizan con los siguientes objetivos:

- Concluir la acertividad o no de las premisas de diseño consagradas en el producto.
- Ahorrar tiempo en el momento de la puesta en marcha.
- Corroborar la óptima funcionalidad del concepto.
- Comprobar la asocio de la aplicación con los valores de diseño adoptados para el desarrollo

Los objetivos finalmente se convierten en preguntas a resolver con las diversas pruebas por realizar al diseño. Las posibles pruebas que se realizan son las siguientes:

- Comparación de resultados con las premisas de diseño. Evaluación del diseño final versus el reflejo de las premisas de diseño esperadas por el cliente final en el producto, es uno de los caminos más comunes especificados en el diseño concurrente. Concebir cada idea plasmada en el diseño es el método fundamental para considerar parte de las metas cumplidas.

Este ejercicio se realizó básicamente cotejando el desarrollo de las pantallas de proceso con las tareas de programación implementadas, con la confortable navegabilidad interna de las pantallas y reconociendo las acciones de monitoreo y mando presupuestadas.

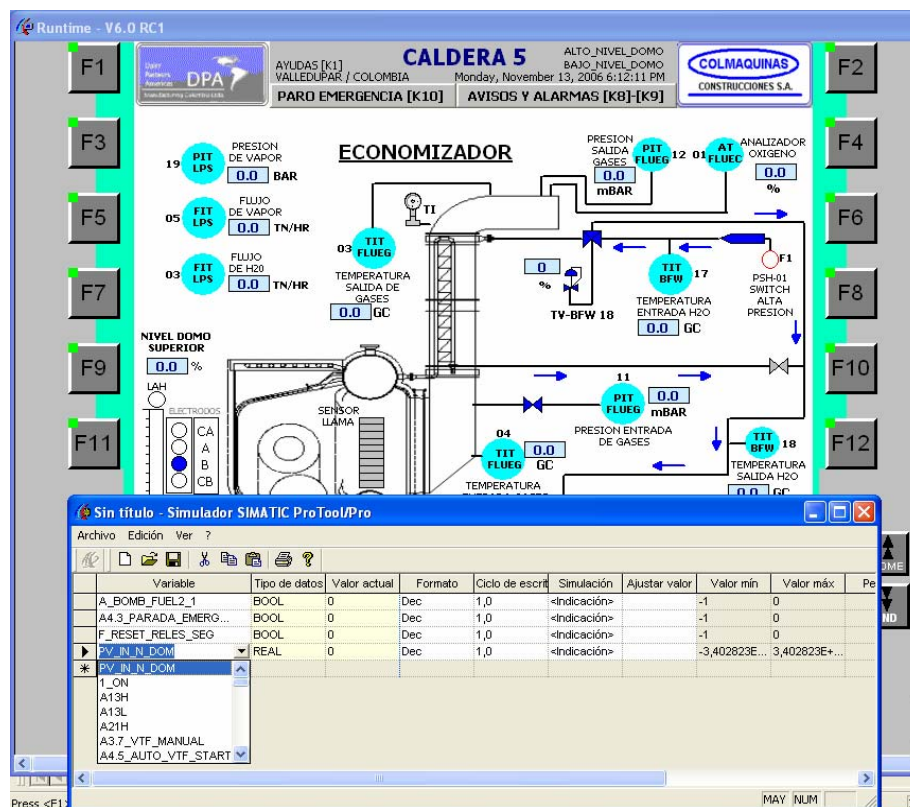
- Fácil asimilación del sistema por parte de otros usuarios potenciales. La inercia de poner en marcha el diseño por el usuario final, debe vencerse fácilmente en la medida que el cliente se debe sentir desde el primer momento plenamente identificado con lo que él esperaba del mismo desde el instante inicial de apropiación del sistema.

Poner en práctica la aplicación diseñada con otros posibles operadores como mecanismo de prueba es una de las opciones que permite vislumbrar el grado de empatía que logró el producto con las premisas de diseño.

- Encuestas de satisfacción. La Encuesta es una herramienta estadística de alta potencialidad para comprobar grados de acertividad o no, en el logro de ciertos objetivos que se plantean para ser evaluados por la misma. La encuesta se realiza haciendo conocer la aplicación diseñada y evaluando la una cantidad definida de parámetros sobre ella para realizar una muestra considerable sobre objetivos que el diseño se plantea.

- Simulación. Una de las herramientas de mayor potencial ofrecida por la gran mayoría de herramientas de desarrollo de esta índole, provee caminos para simular los procesos que ocurren cuando se ejecutan los procesos para los que fue diseñada. No aporta total certeza en los resultados finales en campo, pero es una opción de alta practicidad y acertividad para estos desarrollos. Para este caso Protool Pro, provee una herramienta Protool/Pro Simulator, que se ejecuta en conjunto con el Runtime permitiendo la entrada de variables análogas o digitales o por comunicación para la simulación de eventos, apariencia, enlace de variables, entre otros factores referentes a la prueba y refinamiento de los conceptos de diseño antes de la puesta en marcha.

Figura 47. Protool Runtime y Simulator



Fuente: Diseño propio Protool Pro Runtime y Simulator, proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

La Figura 47, muestra la apariencia de la simulación en la ejecución conjunta del Protool/Pro Runtime y del Simulator. Las acciones más comunes para realizar con la aplicación son:

- Visualización de la apariencia final de las pantallas
- Simulación de Variables de proceso
- Simulación de Botones de mando
- Visualización de estados deseados de monitoreo
- Gestión de enlace de pantallas

Dentro de ellas se eligieron como punto de partida para la superación de esta fase:

- Comparación de resultados con las premisas de diseño
- Simulación

1.10.1.1 Comparación de resultados con las premisas de diseño

• Fácil apropiación por parte del usuario final. Aquí se procedió a poner a prueba el diseño por medio del Runtime en una estación de ingeniería para ser usado por primera vez por los ingenieros de Colmáquinas, con el propósito de observar su respuesta inicial frente a la propuesta de diseño, valoración intuitiva de acceso al sistema y evaluación del deseado esperado del diseño. Notando el grado de adaptabilidad o resistencia al sistema, logrando buenos y constructivos comentarios para el diseño.

• Para la implementación se dispone del software Protool Pro de Siemens. El desarrollo y pruebas fueron realizados en el software Protool/Pro CS de Siemens, lo cual comprobó su potencialidad y propuesta de trabajo dada por Kamati. El desarrollo se podría haber realizado en el software WinCC Flexible de Siemens, pero se logró el requerimiento para los objetivos deseados.

- Facilidad de navegación de pantallas. El sistema es bastante grande en proceso, magnitud y producción final, razón por la cual se requería racionalizar el uso de espacio en pantalla para el logro del cometido dado las dimensiones de la misma. El deseado hubiese sido una pantalla de 15", dentro de las estándares ofrecidas por Siemens, de allí que el valor de la navegabilidad era altamente recomendado por el diseño industrial de la solución dando como resultado un óptimo y seguro desenvolvimiento para el usuario final. El acople de mandos por teclado interno, externo y por medio del ratón, fue un punto de alto agrado y satisfacción para el cliente y usuario final.
- Confiable para la atención de fallas. Las fallas son atendidas prioritariamente ante cualquier eventualidad, tanto por la pantalla, como por las estrategias de control de proceso. Análogamente se presentan las ayudas pertinentes para las fallas detectadas por el sistema, siendo un punto de apoyo en la operación de alto valor para el operario en turno.
- Buena estética (diseño industrial). El diseño industrial fue una de las premisas de tratamiento en el diseño a nivel de sistema, evaluado en factores estéticos en el diseño de las pantallas, la disposición física del OP270 y su mando desde el ratón, obteniendo una buena aceptación final en la simulación en el desarrollo, en campo y posteriormente en la puesta en marcha.
- Enfoque de diseño hacia la conectividad con una arquitectura con red MPI o Profibus DP. La red de control, no fue un cuello de botella para el desarrollo, fue valorada como un desarrollo viable y modular que permitía la apropiada gestión de datos de campo sin problemas de pérdidas de datos significativa para el proceso.

- Norma SAMA para control industrial de procesos. La norma SAMA se siguió inicialmente como se formulo para la asimilación de las estrategias del control de proceso dadas por Colmáquinas. Sin embargo se presentaron algunos inconvenientes de asimilación para la implementación, que se superaron gradualmente con el ingeniero de proceso de la firma.
- Norma IEC 61131-3 para programación industrial. La programación se realizó bajo los estándares propuestos por la norma, sendo un punto favorablemente valorado por el ingeniero de proceso de Colmáquinas en las correcciones pertinentes antes de la puesta en marcha por la facilidad de entendimiento. Igualmente se noto su potencialidad en la puesta en marcha cuando se sintonizaron los lazos de control PID, agilizando los procesos pruebas.
- Norma Colombiana RETIE para esquemas y conexionado eléctrico. Dentro de los esquemas dados para la implementación en pantalla, se siguieron los parámetros establecidos por la norma y los requerimientos puntuales del cliente dados en reuniones de ingeniería para el desarrollo del HMI. Igualmente se asesoró en el montaje de los equipos para el control según las normas de instalación de Siemens y el RETIE colombiano.

1.10.1.2 Simulación. Posterior al desarrollo elaborado, se utilizan las herramientas de software y hardware que permitan la simulación y/o emulación del proceso para el que finalmente fueron desarrolladas las aplicaciones, con el fin de prever posibles problemas de incompatibilidades, velocidades de proceso, niveles de eficiencia y eficacia de las acciones regulatorias, mandatarias y supervisorias del sistema, entre otros elementos funcionales del proyecto, con el propósito de incrementar el índice de acertividad en la ingeniería de integración en campo.

En este aspecto se elaboraron pruebas con el Simulador de Protool/Pro, con el esquema de forzado de variables del Step7 y físicamente con la utilización de la misma CPU del desarrollo.

En el siguiente capítulo se estudiarán las generalidades de la caldera de trabajo

2. ESTUDIO DE LAS GENERALIDADES DE LA CALDERA ACUOTUBULAR DE DPA Y LAS VARIABLES QUE SE DEBEN DE TENER EN CUENTA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO DE LA MISMA

En el presente capítulo se enfatiza en las características técnicas de la Caldera fabricada por Colmáquinas Construcciones, iniciando por los requerimientos del cliente, caracterizando el equipo en sus rangos de operación, diseño y construcción y finaliza con los sensores y actuadores de campo utilizados por el fabricante para el control de proceso desde el autómata.

2.1 GENERALIDADES DE CALDERA ACUOTUBULAR – DPA COLOMBIA

2.1.1 Estudio de Requerimientos del Cliente. El proceso para la realización de la caldera, se inicia con los requerimientos de valor dados por el cliente para el diseño, según los cuales se elabora la oferta presentada por Colmáquinas en cumplimiento a estos requerimientos, dada en términos de la entrega final en el segundo aparte del presente capítulo.

En los anexos, para el estudio, se disponen los requerimientos del cliente detalladamente desde su propuesta inicial para Colmáquinas.

2.1.2 Características de la Caldera Acuotubular – DPA Colombia. La Caldera Acuotubular de Colmáquinas Construcciones posee características intrínsecas de diseño para el logro de su cometida de 33.000 Lb/hora de vapor con calidad satura, que hacen parte del 'Know How', de la firma de Ingeniería. Sin embargo, para el objeto académico del estudio, han compartido parte de sus características en reuniones de ingeniería para el proyecto, y en el avance de entrega final que se encuentra dispuesto en los anexos con el título Especificaciones finales de la Caldera, cortesía de Colmáquinas Construcciones S.A., para finalidades académicas, el cual contempla las característica actuales en capacidad logradas por el diseño y las futuras, dadas cuando se eleve el ponderado de vapor requerido de la misma.

Igualmente se caracterizan elementos del diseño mecánico, equipos para el control y supervisión del proceso, Instrumentación de campo, montaje y puesta en marcha y valores esperados de producción.

2.1.3 Sensores de Campo Caldera Acuotubular – DPA Colombia. En los apartes anteriores, se dio un esbozo de los requerimientos de sensórica y actuadores para el proceso. Sumado a esto se encuentra el estado de entradas y salidas tanto del tipo análogo como digital, donde se presentan uno a uno con la descripción de su accionar y direccionamiento al interior de la estrategia de control.

Para el estudio se anexa bajo el título Especificaciones de Sensores de proceso, la cotización de los requeridos para la obra con sus características más relevantes, cortesía de Colmáquinas Construcciones S.A. y DPA Colombia, para finalidades académicas. Igualmente, se caracterizan los instrumentos y la tabla de Caracterización de Instrumentación y Motores dispuesta en los anexos.

Se caracterizan para su estudio datos de conectividad, normatividad, rangos de Operativos como el span y los límites superior e inferior de medida, parámetros de seguridad, entre otros elementos fundamentales para la decisión de compra de estos importantes elementos de campo.

En el siguiente capítulo, se disponen los elementos de desarrollo del HMI para la OP270, que supervisará las estrategias de control de la caldera.

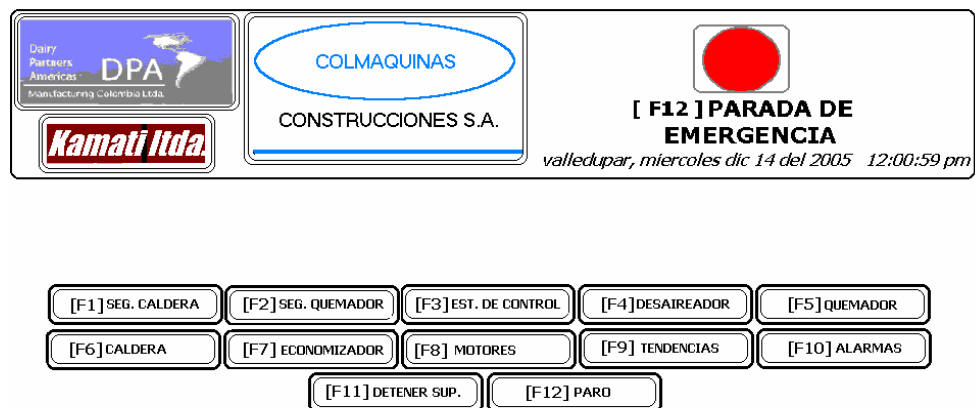
3. REALIZACIÓN DE HMI PARA EL MONITOREO Y MANDO DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA APLICACIÓN PROTOOL PRO PARA SER OPERADO DESDE UN PANEL OPERADOR OP270-10” PARA LA CALDERA ACUOTUBULAR

El diseño del HMI es caracterizado desde los esbozos elaborados por el cliente, pasando por la distribución organizacional hasta el concepto final de diseño.

3.1 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA

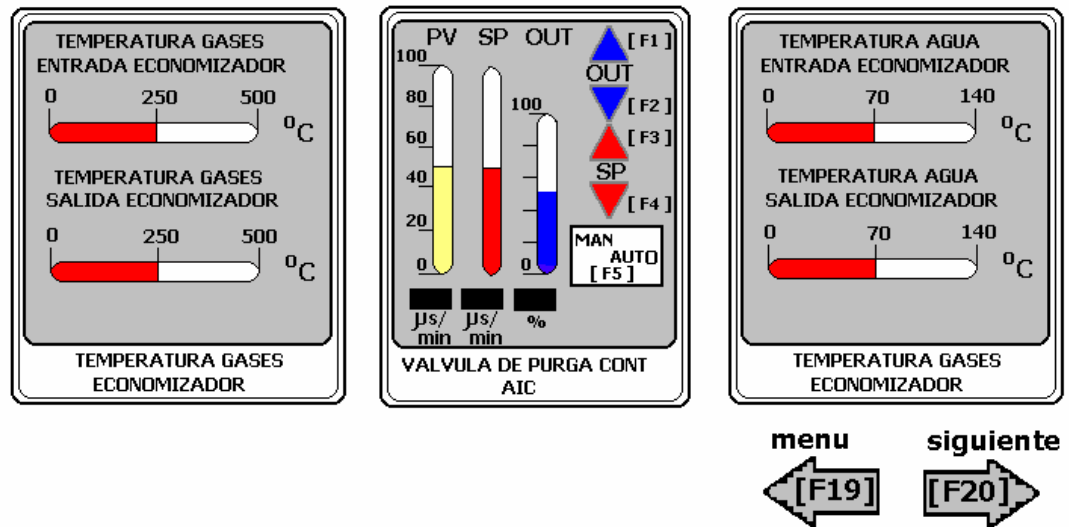
3.1.1 Premisas de Pantallas. El diseño del HMI, inicio con el proceso descrito en el capítulo uno, y se soporto sobre un prediseño de pantalla elaboradas por Colmáquinas Construcciones, según los requerimientos que se tenían para la operación. Anexamos algunas de las imágenes para que se compare con el producto final, en las figuras 48, 49, 50, 51 y 52.

Figura 48. Pantalla Principal



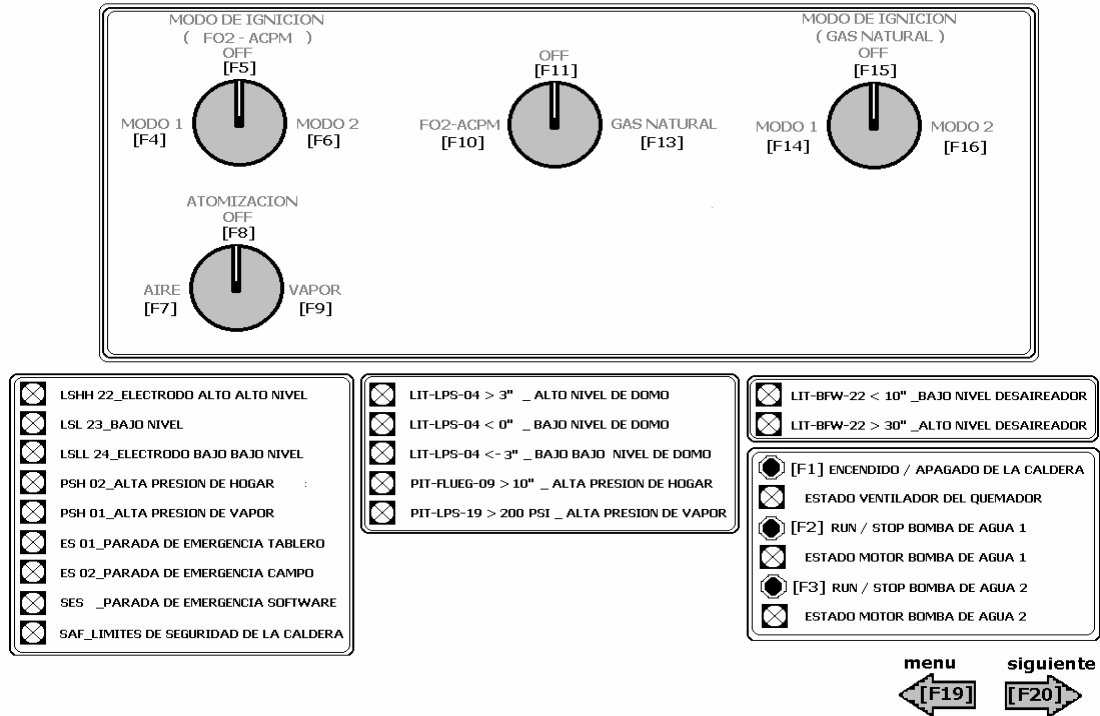
Fuente: Cortesía de Colmáquinas Construcciones S.A.

Figura 49. Estaciones de Control



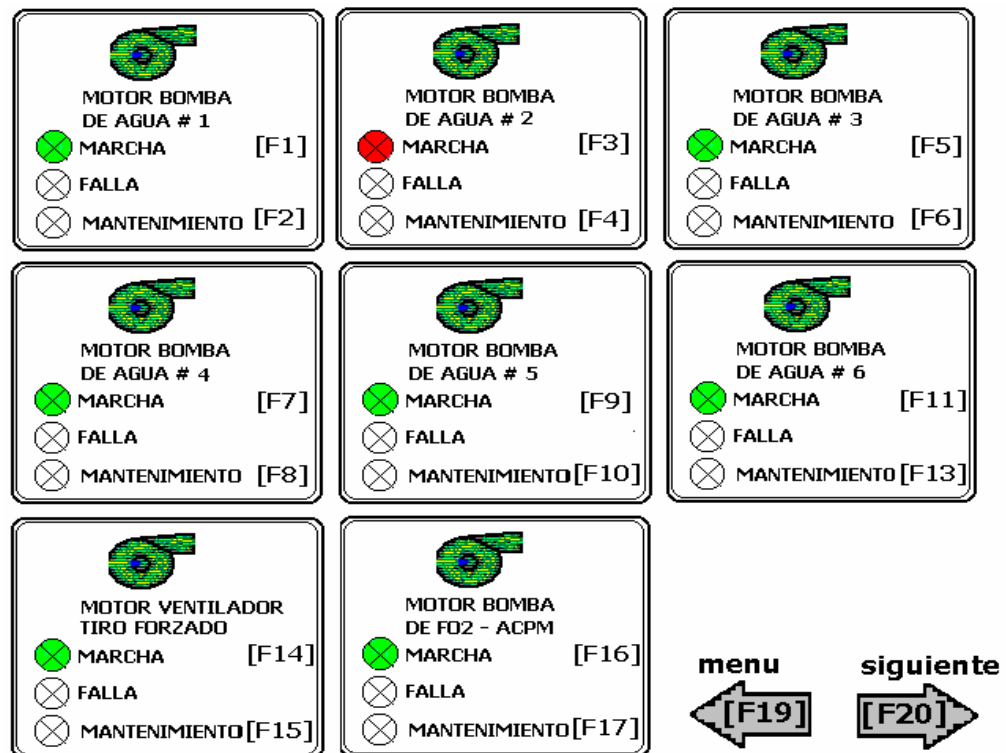
Fuente: Cortesía de Colmáquinas Construcciones S.A.

Figura 50. Seguridad Quemador



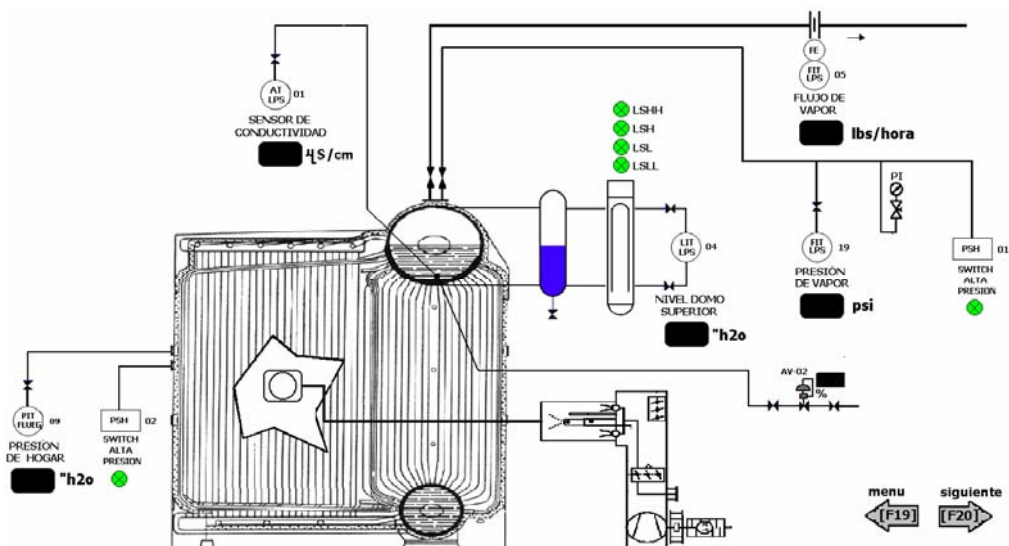
Fuente: Cortesía de Colmáquinas Construcciones S.A.

Figura 51. Panel Motores



Fuente: Cortesía de Colmáquinas Construcciones S.A.

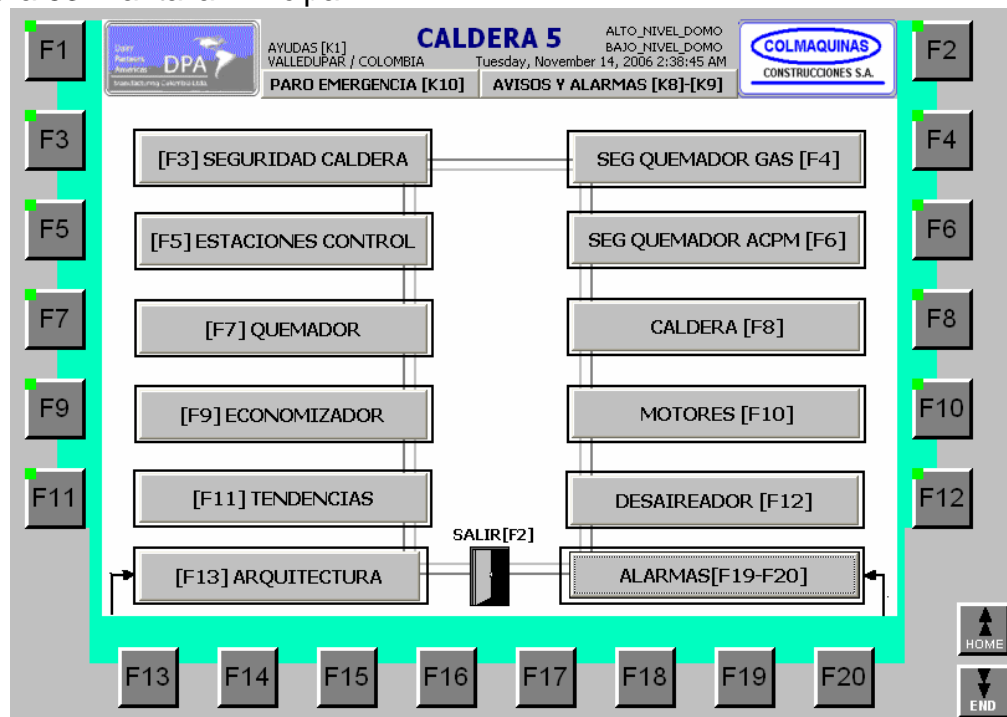
Figura 52. Caldera



Fuente: Cortesía de Colmáquinas Construcciones S.A.

3.1.2 Distribución de Pantallas de Proceso. Las pantallas de proceso se elaboraron en el Software Protool/Pro CS, bajo los resultados obtenidos en el capítulo uno gracias a la aplicación del método de diseño concurrente de productos mecánicos. Para su ordenamiento, se distribuyeron conforme a subsistemas identificados por el cliente, según lo evidencia la pantalla principal de la figura 53, donde se muestra el enlace en la medida de los conjuntos identificados.

Figura 53. Pantalla Principal HMI



Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Los accesos a subsistemas igualmente conducen a particularidades de cada uno de los procesos o a pantallas que de una u otra forma se ligan para la óptima funcionalidad del sistema desde el panel operador, los cuales se diagraman en la medida de los pasados conjuntos identificados:

Seguridad Caldera

- Seguridad GAS
- Seguridad ACPM

7 Estaciones de Control – Tendencias

- DOMO
- Desaireador
- Analizado CO
- Analizador O2
- Flujo ACPM
- Flujo GAS
- Temperatura Gases Economizador
- Temperatura Agua Economizador
- Presiones del Sistema
- Flujo Vapor DOMO

Estado Quemador

Estado Economizador

6 Tendencias – Estaciones de Control

- Economizador
- Domo
- Combustible
- Desaireador
- Combustión
- Tiros de Caldera

Arquitectura

Estado Caldera

Estado Motores

- Bombas de Agua
- Ventilador Tiro Forzado
- Sopladores Hollín
- Bomba ACPM
- Agitadores Químicos
- Bombas Químicos


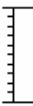
Desaireador

Almacenamiento Alarmas

3.1.3 Presentación de Pantallas. El diseño total consta de cuarenta y cinco pantallas, del cual según la distribución dada a las pantallas, se muestran las pantallas de proceso principales para reconocer los valores de diseño aportados por la fase de diseño detallado del capítulo uno:

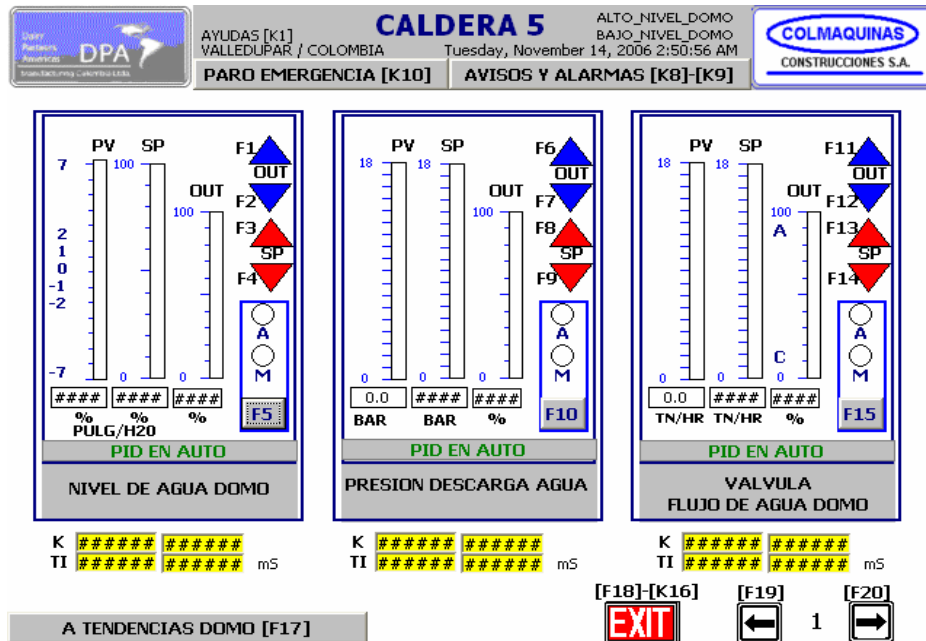
En el siguiente capitulo se tratarán las estrategias de control asociadas con las presentes pantallas

Figura 54. Seguridad Caldera

		CALDERA 5 AYUDAS [K1] VALLEDUPAR / COLOMBIA Tuesday, November 14, 2006 2:47:57 AM		ALTO_NIVEL_DOMO BAJO_NIVEL_DOMO COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.	
PARO EMERGENCIA [K10]		AVISOS Y ALARMAS [K8]-[K9]			
SEGURIDAD CALDERA					
ELECTRODOS NIVEL DOMO <input type="radio"/> LSHH-CA CORTE ALTO NIVEL <input type="radio"/> LSH-A ALTO NIVEL <input checked="" type="radio"/> LSL-B BAJO NIVEL <input type="radio"/> LSL-L-CB CORTE BAJO NIVEL NIVEL DOMO SUPERIOR  #### % PRESION VAPOR DOMO 0.0 BAR		ENCEN/APAG QUEMADOR OFF [F8] ON [F9] ATOMIZACION GAS NATURAL [F5] COMBUSTIBLE SENAL CARGA A LAMTEC-FMSS ### % AIRE [F2] VAPOR [F3] F02-ACPM [F6]			
<input type="radio"/> ALARMA_CORTE_ALTO_NIVEL_DOMO <input type="radio"/> ALARMA_ALTO_NIVEL_DOMO <input type="radio"/> ALARMA_BAJO_NIVEL_DOMO <input type="radio"/> ALARMA_CORTE_BAJO_NIVEL_DOMO <input type="radio"/> PSH-01 ALTA PRESION VAPOR DOMO <input checked="" type="radio"/> PARO EMERGENCIA HMI - OP270 <input type="radio"/> PARO EMERGENCIA CAMPO <input type="radio"/> ALTO NIVEL DOMO LIT-LP5-04 <input type="radio"/> BAJO NIVEL DOMO LIT-LP5-04 < 0 PULG/H2O <input type="radio"/> BAJO BAJO NIVEL DOMO LIT-LP5-04 <input type="radio"/> ALTA PRESION HOGAR PIT-FLUEG-09		<input type="radio"/> PERMISO ENCENDIDO VENT TIRO FORZADO <input type="radio"/> VENTILADOR QUEMADOR OPERADO BOMBA 1 <input type="radio"/> FALLO <input checked="" type="radio"/> MANTEN... <input checked="" type="radio"/> AUTO... <input type="radio"/> MARCHA BOMBA 2 <input type="radio"/> FALLO <input checked="" type="radio"/> MANTEN... <input checked="" type="radio"/> AUTO.. <input type="radio"/> MARCHA BOMBA 3 <input type="radio"/> FALLO <input checked="" type="radio"/> MANTEN... <input checked="" type="radio"/> AUTO... <input type="radio"/> MARCHA <input type="radio"/> ALTA PRESION VAPOR DOMO PIT-LP5-19 <input type="radio"/> ALTO NIVEL DESAIREADOR LIT-BF2-22 <input checked="" type="radio"/> BAJO NIVEL DESAIREADOR LIT-BF2-22			
A PANEL MOTORES [F13]		[F14] RESET RELES SEGURIDAD		[F18]-[K16] A SEG. QUEM. GAS [F12] EXIT	
		A SEG. QUEM. ACPM [F20]			

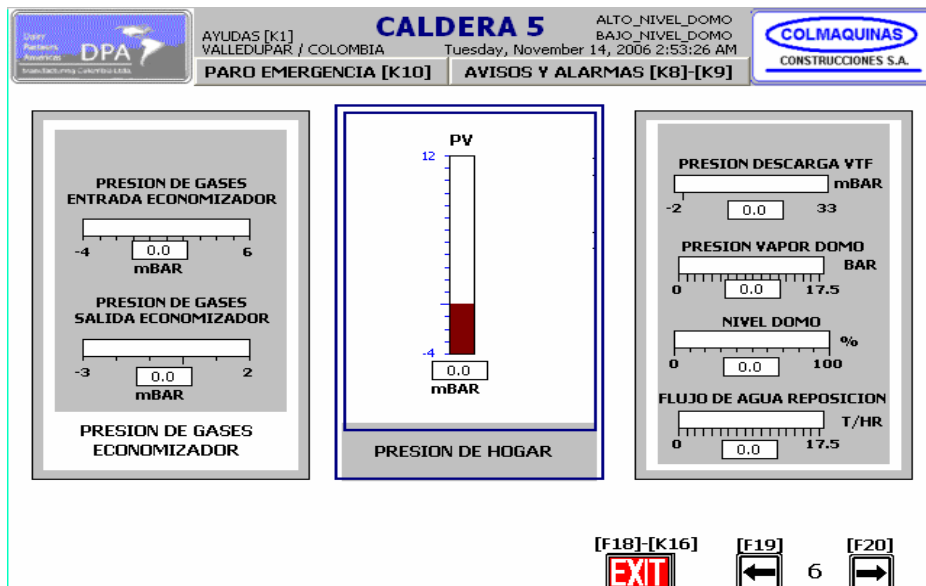
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 55. Estación de Control 1



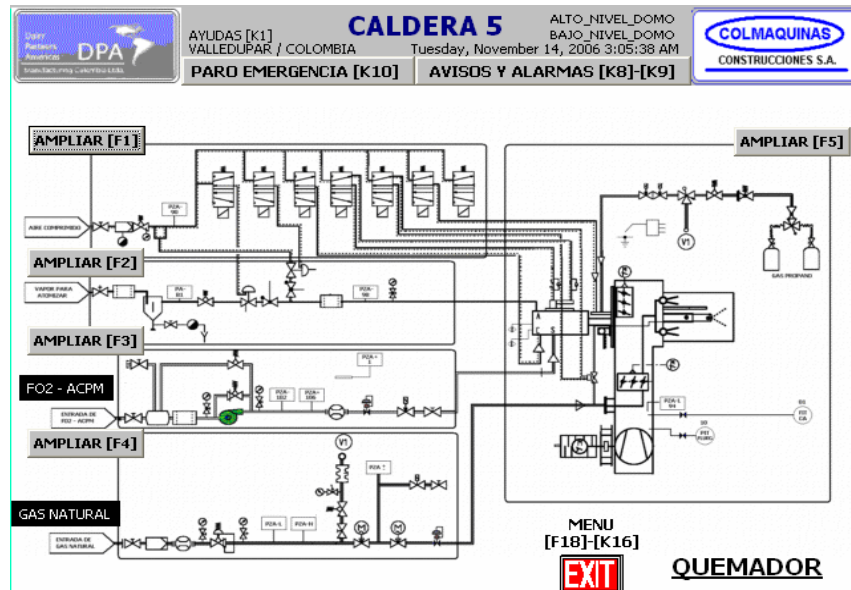
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 56. Estación de Control 6



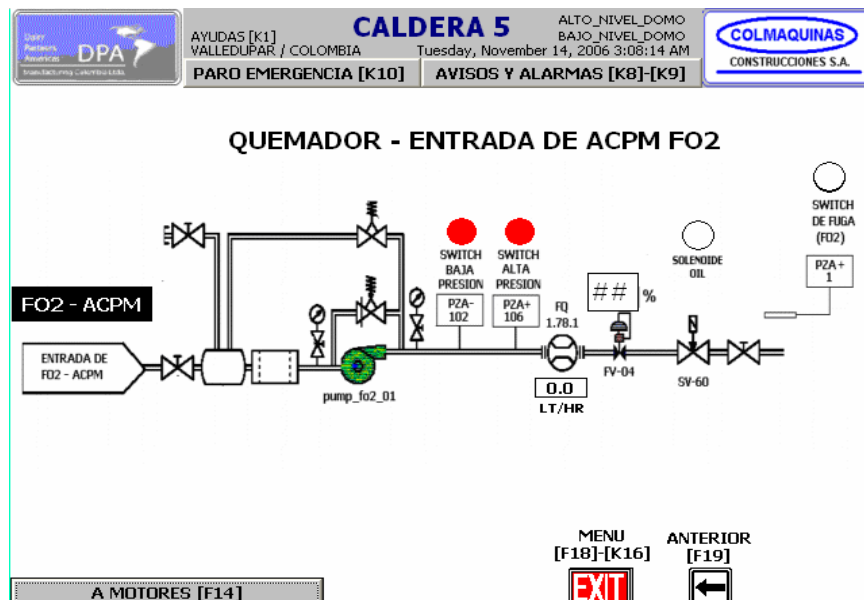
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 57. Quemador



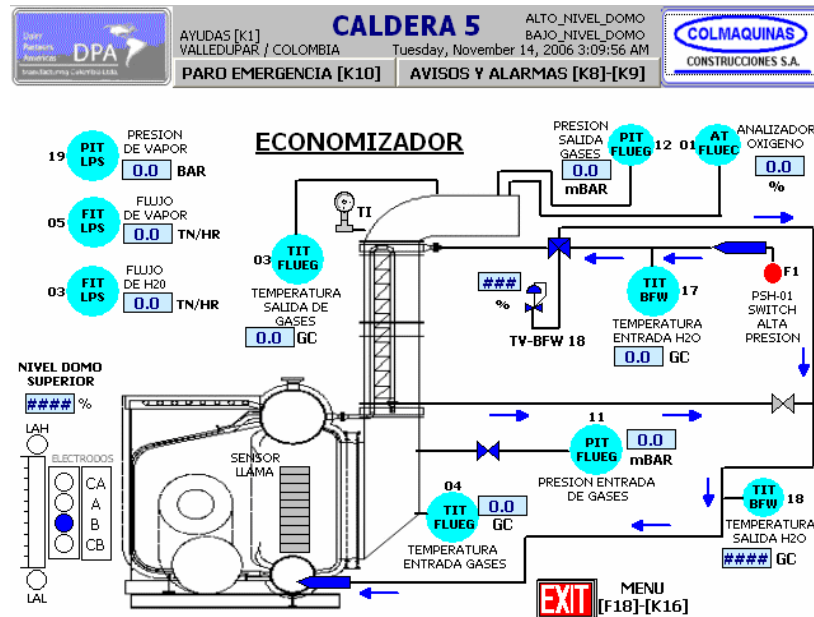
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 58. Tres de ACPM del Quemador



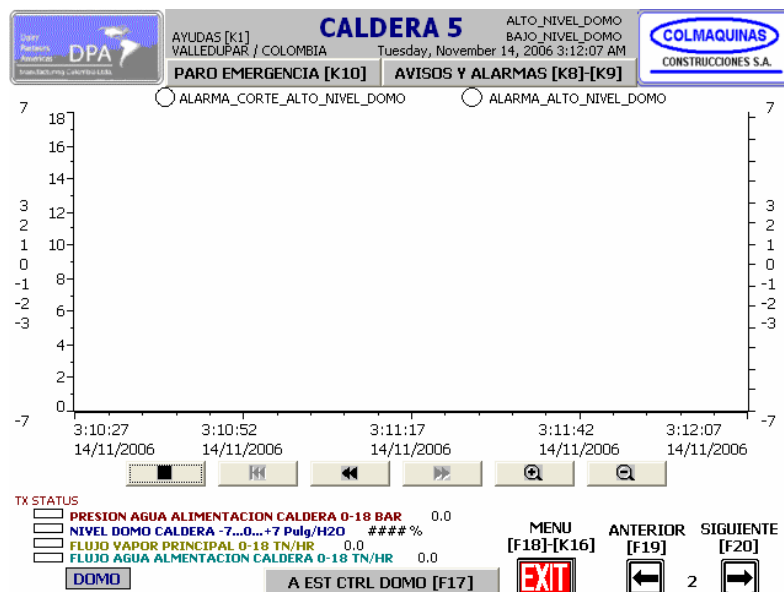
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 59. Economizador



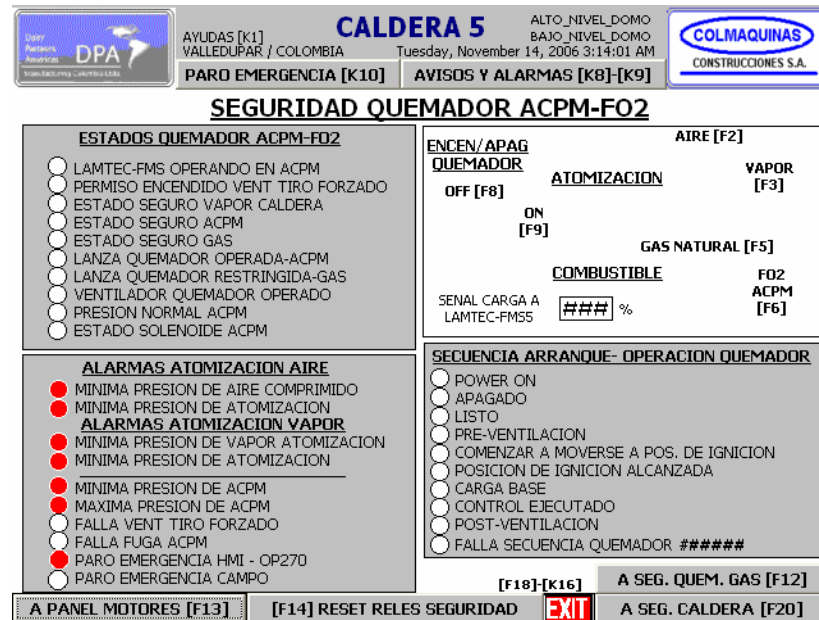
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protocol/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 60. Tendencias DOMO



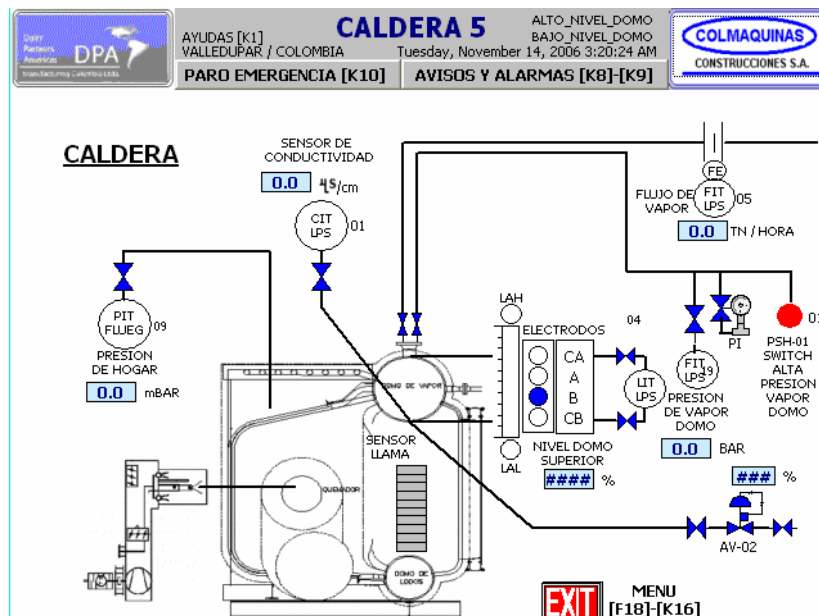
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protocol/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 61. Seguridad Quemador con ACPM



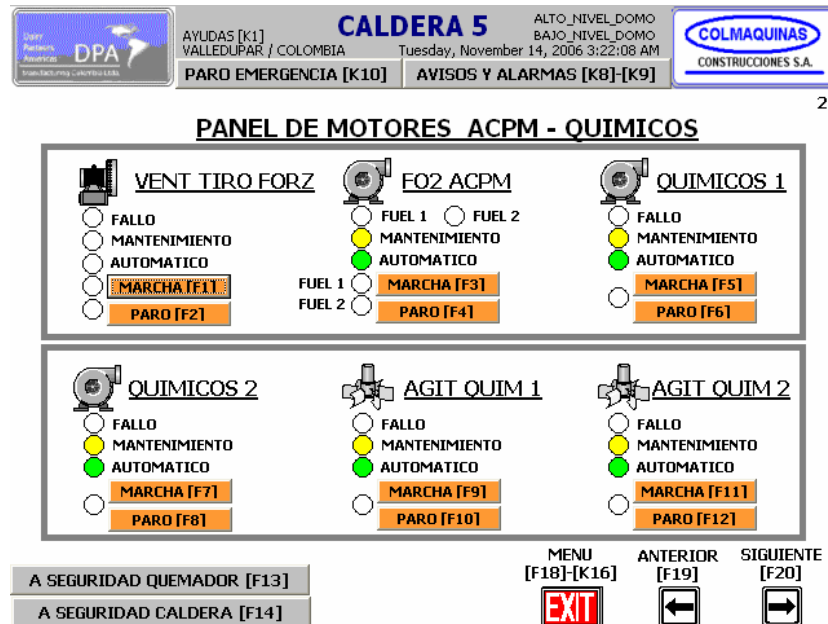
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 62. Caldera



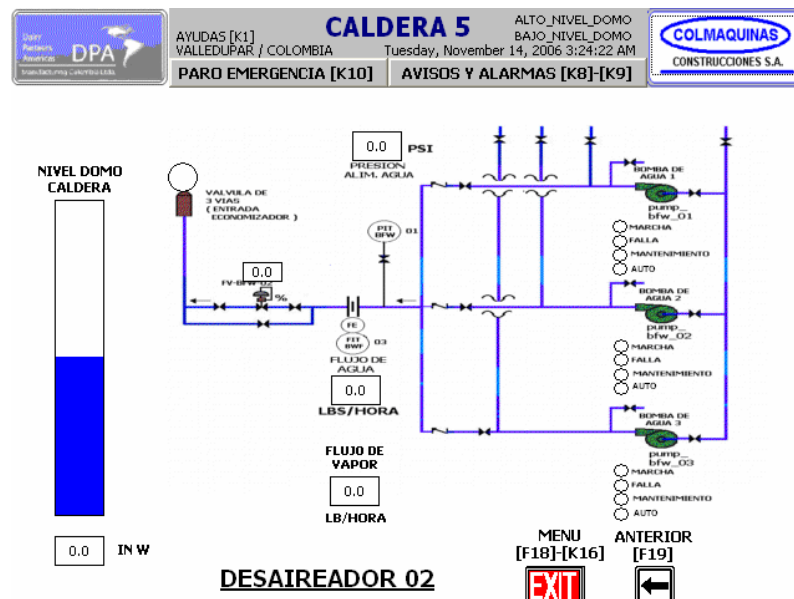
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 63. Panel Motores



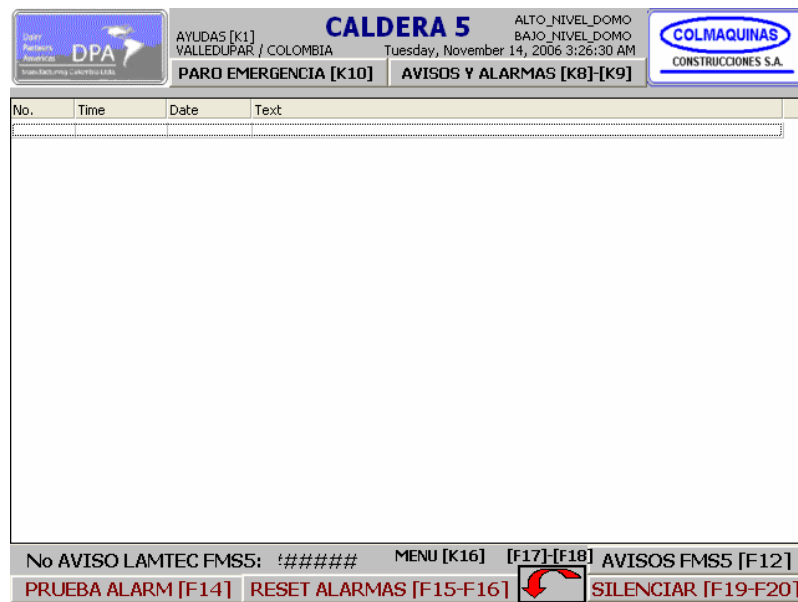
Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 64. Desaireador



Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 65. Alarmas de proceso



Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

Figura 66. Paro de Emergencia



Fuente: Diseño Propio, HMI en Protool/Pro proyecto Caldera DPA Colombia – Kamati Ltda.

4. ESQUEMA DE CONTROL DE PROCESO EN LA APLICACIÓN INDUSTRIAL STEP7 DE SIEMENS PARA EL CONTROL DE LA CALDERA ACUOTUBULAR

El desarrollo del programa de control, se presenta en el capítulo 4, de modo que se reconocen inicialmente los lenguajes en los que se realizó la programación y se complementa con la exposición documentada de las estrategias de control implementadas para el proceso, según los diagramas de control presentados en el capítulo 1 en norma SAMA por el cliente.

4.1 CONTROL DE PROCESO CON SIMATIC STEP 7

4.1.1 Lenguajes de Programación. Las estrategias programadas en Step 7 bajo la norma IEC que se esboza en el marco teórico, se realizaron con seis lenguajes distintos: KOP, CFC, AWL, SCL, DB, GRAPH, para el logro del cometido. Las estrategias de regulación principales se realizaron en CFC, gracias a su potencialidad y facilidad de entendimiento de la implementación por parte del ingeniero de proceso de Colmáquinas, como se argumenta en el capítulo uno. En el siguiente aparte se presentan las más relevantes programadas en KOP, CFC y AWL para cada una de ellas.

4.1.2 Estrategias de Control. Las estrategias de control se programaron en ocho esquemas en CFC y quince esquemas de control en KOP, son los lazos de control implementados para la Caldera a partir de los entregados por Colmáquinas Construcciones, para la elaboración de las estrategias de control y enlace de variables con lazos de control del sistema supervisorio. Igualmente se diseñaron otras funciones para acciones particulares, entre las que se encuentran escalizaciones, extractores de raíz, conversores, entre otros que ayudan a

desarrollar la forma de procesamiento, más no inciden directamente en las de proceso. No se disponen en el presente proyecto.

El manual de usuario del sistema de control, se presente en el siguiente capítulo, tratándolo desde las necesidades del cliente, hasta la implementación.

5. DESARROLLO DE MANUAL DE USUARIO CONSECUENTE CON EL DESARROLLO DE SISTEMA SUPERVISORIO Y DE CONTROL DE LA CALDERA ACUOTUBULAR

La aplicación desarrollada por la ingeniería de integración, es explicada para usuarios técnicos o profesionales relacionados con el proceso por medio de un manual de usuario que asiste la funcionalidad y operatividad de los sistemas de supervisión y control en el presente capítulo.

5.1 MANUAL DE USUARIO

5.1.1 Aspectos de Diseño. Luego de realizar la puesta en marcha por parte del ingeniero de proyectos de Kamati y su correspondiente entrega del sistema funcional, se procede a desarrollar un manual de usuario debidamente documentado y de fácil uso para el usuario final. Dado a las circunstancias anteriormente expuestas, el manual no se entrega terminado completamente. En los siguientes apartes se describirán las premisas de diseño empleadas para el mismo y se mostrarán los resultados de su implementación al momento.

El Manual se enfocará en la apropiación de la estación de operación, ya que el esquema de control de proceso está a cargo de Colmáquinas son sus ingenieros especialistas, los cuales entregan un documento especial de especificaciones y puntos de operación de la caldera. La concepción del manual estará inmersa en la filosofía del diseño concurrente empleado para la propuesta en el capítulo uno, considerado como un complemento importante del producto final. Se iniciará identificando las premisas, requerimientos, misión y necesidades del diseño pertinentes y posteriormente se presenta su elaboración.

5.1.1.1 Planteamiento de la Misión. La misión del Manual es identificada con los elementos dispuestos en la siguiente tabla 17:

Tabla 17. Planteamiento de la Misión Manual de Usuario

Descripción del Producto:	Diseño e implementación de un Manual de Usuario para el HMI de la Caldera Acuotubular 5 de DPA Colombia, diseñado en el Panel Operador Industrial OP270 10", comandado por un controlador programable.
Principales objetivos del mercado:	Introducción para el mes de Noviembre de 2006.
Mercado primario:	Turnos de Operarios de la zona de calderas de DPA Colombia
Mercado secundario:	Ingenieros de planta de la zona de producción.
Premisas y restricciones:	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil apropiación por parte del usuario final • Buena estética (diseño industrial).
Partes implicadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Usuarios – Operarios en Planta de Calderas • Personal de Ingeniería de Kamati Ltda. • Personal de producción de DPA Colombia • Ingeniero de proceso de Colmáquinas construcciones • Ingeniero de Instrumentación de Colmáquinas construcciones

Fuente: Diseño propio

El planteamiento de la misión da la idea general de la concepción del manual; el objetivo de este es abrir el camino hacia el desarrollo del producto. A continuación se empieza por establecer las necesidades del cliente; las cuales nos orientan de manera precisa hacia el desarrollo del producto final.

5.1.1.2 Identificación de las necesidades del cliente. Para el desarrollo de la solución, se partió del acopio de requerimientos de proceso, peticiones del cliente, requisitos de operación segura y amigable, elementos que reflejaban premisas de diseño. Para ello se procedió a realizar una búsqueda interna con el equipo de trabajo y externa con el cliente, obteniendo los siguientes resultados:

- Necesidades del Cliente

- Se debe incluir en el manual como navegar en el sistema.
- Las soluciones aportadas por el manual, deben propender por un modo de operación seguro.
- Cualquier operario vinculado al proceso debe lograr entender el manual fácilmente.

- Interpretación de necesidades

- Se requiere un Manual que especifique las posibles operaciones a realizar en el panel operador
- El manual especificara claramente soluciones confiables para conflictos del sistema para ser entendidas a aplicadas en modo seguro.
- El manual será de fácil asimilación por parte del mercado primario y secundario al que va dirigido el producto.

5.1.1.3 Relación con las premisas de Diseño del Producto. Un manual de usuario es un elemento que debe reflejar de la manera más consecuente para su fácil apropiación, como el diseñador del sistema aterrizó las premisas de diseño, haciéndolo funcional y amigable al usuario, sin sacrificar la prioridad de los aspectos técnicos funcionales y los modos de operación seguro.

Seguidamente de identificar las necesidades, traducirlas y concluir un objetivo, el diseño del manual se concibió bajo las siguientes premisas:

- Fácil uso y apropiación por parte del usuario final. Un manual de usuario debe conectarse con su lector desde los primeros instantes de contacto. Debe construirse bajo las bases de la organización, funcionalidad, puntualidad y claridad en los procedimientos descritos, de manera tal que minimice su tiempo de uso, los errores por omisión y maximice las posibilidades al usuario. Debe promover en lo posible caminos alternos para las soluciones.
- Disposición de información clara y práctica. La información allí depositada, debe ser objetiva, debe ser entendible por un gran ámbito de clientes potenciales, gracias a la implementación de soluciones en diseño que aporten practicidad, funcionalidad, claridad y puntualidad.
- Debe propender por la solución ágil de conflictos del sistema en campo. La solución de conflictos debe ser uno de sus objetivos primordiales, en asocio con las restantes premisas de diseño. Deben ser objetivas, no queriendo así limitar su número para un problema específico, no deben ser muy extensas en contenido, deben buscar el remedio sin causar la menor cantidad de problemas colaterales que generen reacción en cadena para el sistema.

Cuando se esta en operación, la mayoría de problemáticas se deben resolver “en caliente” – cuando opera la máquina –. No obstante es de suma importancia tener claro este precepto como guía en la descripción de soluciones.

5.1.1.4 Selección del Concepto. Las premisas nos aportan rasgos concretos que debe llevar el diseño para lograr el objeto del mismo. Para el diseño se analizan consecuentemente posibilidades de diagramación del manual, con la referencia de diversos tipos de manuales de operación de maquinas y productos en general, dentro de las que subyacen:

- Gráfica de los esquemas de la estación de operación, con explicaciones parciales de subsistemas y globales con generalidades de proceso.
- Gráfica de los esquemas de la estación de operación, con cortos textos explicativos.
- Gráfica de los esquemas de la estación de operación, con textos ampliados para cada subsistema.
- Diagrama de Flujo de navegación de la estación de operación, y capítulos por temáticas.
- Sólo Textos ampliados por capítulos.
- Tips para soluciones de conflictos por capítulos.
- Descripción ampliada de posibles problemáticas vs. Descripción ampliada de posibles soluciones.

Con la búsqueda interna y externa, las premisas de diseño y la identificación de las necesidades del cliente, se optó por la cuarta solución de las anteriormente expuestas, según los criterios dados para la solución, como la más práctica y funcional para el operario en planta. En los Anexos se presenta su implementación:

5.1.2 Proceso de capacitación al usuario final. Esta etapa se desarrollará por parte del Ingeniero de Proyectos de Kamati Ltda., encargado de la obra; Sin embargo se muestran los aspectos relevantes a tener en cuenta para esta fase terminal.

- Programación de la Capacitación. Finalmente, se brindará por parte de Kamati Ltda., con el sistema funcional y el manual de usuario, una capacitación en una sesión de cuatro horas para los profesionales y/o técnicos a cargo de la obra, enfocada a la correcta administración del sistema, la puntual y ágil resolución de los posibles conflictos que se pueden presentar con el normal funcionamiento de la Caldera y la operatividad de su sistema de monitorio y mando, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Aspectos relevantes de la Ingeniería de Integración
- Arquitectura de proceso
- Modos de Empleo del sistema
- Navegabilidad de las pantallas dispuestas para el proceso
- La Operación y sus puntos óptimos y confiables de funcionamiento
- La Operación y los posibles conflictos
- Manejo de Alarmas de Sistema
- Empleo de la Parada de Emergencia del sistema
- Cuidados básicos
- Trabajos de mantenimiento de la red y del tablero de control
- Usos debidos e indebidos de la infraestructura instalada

Entre otros aspectos relativos a la ingeniería de integración presentados en el capítulo cinco que posibiliten la normal operación del sistema, con el objetivo de lograr el funcionamiento óptimo y seguro del proceso.

6. INGENIERÍA DE INTEGRACIÓN ENTRE PLC, HMI Y EL CONTROLADOR DEL QUEMADOR DE LA CALDERA ACUOTUBULAR

En el presente capítulo se estudian los elementos fundamentales que tiene en cuenta la ingeniería de integración para su desarrollo y puesta en marcha de sistemas automatizados con este concepto.

6.1 INGENIERÍA DE INTEGRACIÓN

6.1.1 Partes involucradas. La Ingeniería de integración, resumida en la arquitectura de proceso de la figura 35, consta de los presentes elementos de interacción fundamental:

- PLC Siemens S7300 CPU 315-2DP
- Módulos de entradas y salidas para señales y accionamientos de Caldera
- Panel Operador OP270
- Controlador Quemador Lamtec FMS5
- Quemador de Caldera OERTLI INDUFLAME
- Estación de Ingeniería

6.1.2 Desarrollo de la Ingeniería de Integración. La ingeniería del proyecto, considerada como de Integración por la unión holística de diferentes elementos de variadas marcas en torno al óptimo funcionamiento de un equipo mecatrónico, gracias a los estándares industriales para el control de procesos, monitoreo y mando de señales, redes de control industrial y conexiones eléctricas.

Los apartes de la concepción de la Ingeniería de integración se citan en el capítulo uno en la medida que transcurre el proceso concurrente de diseño del producto

mecatrónico en sus fases dos y cuatro principalmente, por ello no se tocan nuevamente los aspectos de diseño y concepción de la solución generada para la ingeniería de integración. Luego de configurada la solución, el real soporte del buen funcionamiento de las especificaciones finales arrojadas por el proceso de diseño lo determina la puesta en marcha, la cual se toma como elemento fundamental para este análisis, gracias a las experiencias de campo narradas por los ingeniero de Proceso, instrumentación y programación y a las adquiridas en proyectos bajo el concepto de ingeniería de integración.

El desarrollo de la puesta en marcha de la ingeniería de integración, no hace parte de los objetivos de la pasantía, en la medida que el Ingeniero de Proyectos de Kamati Ltda., es el encargado de realizar personalmente estas labores en campo. Sin embargo se presentarán las consideraciones pertinentes para el desarrollo concurrente de esta fase cumbre de la entrega funcional del desarrollo, en la medida que no solamente se conoce de ellas en el momento probar para refinar la Ingeniería de Integración implementada y de la puesta en marcha funcional del sistema, sino que muchos de ellos son requerimientos a tener en cuenta desde el momento de concepción del mismo.

Tanto los capítulos anteriores como el presente, permite hacer uso de la concurrencia en el diseño estructurado del desarrollo final, en la medida que esta etapa es crucial en la verificación y la posible determinación de adición de elementos antes de la puesta en marcha, evitando rediseños que retrasarían las fechas trazadas para la puesta en marcha.

Con los desarrollos de las fases anteriores, se inicializarán las pruebas con la CPU de proceso correspondiente con el stock de equipos que posee Kamati Ltda. para este tipo de proyectos, para certificar la integración y posteriormente hacer las pruebas de campo directamente sobre la obra de la Caldera de manera confiable,

enlazando las variables correspondientes del HMI con las del PLC y sus módulos de entradas y salidas tanto análogas como digitales.

Seguidamente se requieren probar las comunicaciones de la red de control, las entradas y salidas contempladas, y en general certificar que se encuentre creada la arquitectura de trabajo propuesta para realizar labores de prueba de señal y puesta en marcha. Se necesitan realizar las siguientes labores:

- Revisión de adaptación y conexionado de PLC, módulos de entradas y salidas análogas y digitales, módulo de comunicaciones entre racks y Panel Operador. Luego del montaje físico de los dos racks de trabajo, se procede a probar la configuración del Hardware dada en el HW Config., del administrador Simatic, cargándola al PLC, poniéndolo en modo RUN (Ejecución de instrucciones), verificando la no existencia de errores de periferia y enlazando la estación de ingeniería al PLC en modo Online para verificar y diagnosticar nuevamente este esquema de conexión.
- Revisión de conexionado físico de la Red. Antes de verificar la correcta disposición de los periféricos a la red de control, se deben verificar las conexiones pertinentes según las normas dadas, en este caso se siguen las recomendaciones aportadas por Siemens, por ser el maestro de proceso y representar la mayor cantidad de enlaces, para la conexión en campo de redes Profibus DP y MPI.
- Revisión de la gestión de la Red y el reconocimiento de los equipos que la conforman. Análogamente que el primero de los puntos de este aparte, con el programa cargado, se prueba inicialmente con el modo de diagnóstico de Hardware de periferia del PLC y seguidamente enlazándose con el PLC en modo RUN con la ayuda del diagnóstico de Hardware del Step7.

- Enlace de variables entre el HMI, Lamtec FMS5 y el PLC de trabajo. Si la conectividad ya no es problema a la velocidad de transferencia y demás parámetros configurados, se probara el búfer de comunicaciones esperado en los enlaces debidos entre el maestro de control y los equipos de periferia, de esta manera aseguramos los datos que se esperan y donde se esperan recibir, corrigiendo gran cantidad de errores que podrían resultar fatales por omisión, en la medida que los valores registrados entran a ser parte progresivamente de la estrategia de control que se procesa en la CPU.
- Pruebas progresivas de funcionalidad y arranque. Con conexiones eléctricas, conectividad de redes, conectividad de sensores y actuadores, se procede a probar la funcionalidad de pequeños subsistemas de la Caldera relacionados en la estrategia de control de proceso, insertando para ejecución en el PLC las estrategias que se desean probar progresivamente.

Durante la ejecución de esta fase se integran la empresa contratista – Colmáquinas – el usuario final – DPA Colombia – y la empresa desarrolladora de la integración – Kamati – con la meta de llevar al sistema a su punto óptimo de funcionamiento. Al final de esta fase se realiza la entrega del sistema funcional, en modo de prueba temporal con la opción de refinar los sistemas implementados en la medida de las consideraciones de diseño o implementación dadas por el usuario final y/o el Cliente.

7. CONCLUSIONES

- La ingeniería de integración es uno de los caminos de desenvolvimiento profesional más enriquecedores del campo de la ingeniería del nuevo siglo. Aunque requiere de un esfuerzo adicional en el estudio de tecnologías y desarrollo de soluciones puntuales, representa un campo de aplicación interesante para la ingeniería mecatrónica sumado a que es una rama que incursiona fuertemente en el mercado de la automatización de procesos industriales que en nuestro medio en la mayoría de los casos se realiza a partir de maquinaria en funcionamiento o en labor de repotenciación, comúnmente realizado en el sector industrial del país.
- El desarrollo del proyecto se implementó con el método del Diseño Concurrente para el diseño y la implementación del sistema final. El método es una herramienta de alta potencia para el desarrollo de productos como los esquemas supervisorios, en la medida que uno de los principales valores agregados de estos sistemas es la adaptabilidad que tengan desde el primer momentos con el usuario final, elemento desarrollado con la concepción del método, asegurando su consecuente aplicación final con los mejores resultados en campo. El método nos entrego los siguientes resultados
- Se estudiaron las generalidades de la Caldera Acuotubular diseñada por Colmáquinas Construcciones para DPA Colombia y las variables que se deben de tener en cuenta para el control y monitoreo del proceso de generación de vapor saturado.
- Se realizó un HMI para el monitoreo y mando de las variables del proceso de la Caldera en la aplicación Protool/Pro CS, para ser operado desde un panel operador OP270-10" de la marca Siemens, con óptimas prestaciones estéticas,

ergonómicas y de seguridad industrial ofrecidas por la implementación del método de diseño concurrente para el desarrollo de las mismas.

- Se asimilaron los esquemas de control programados para el proceso de generación de vapor saturado de la caldera, en la aplicación Simatic Step 7 de Siemens. Las rutinas de programación se ajustaron a las necesidades del cliente, creando nuevas subrutinas a las adicionales bajo la norma IEC para desarrollar nuevas librerías para el CFC.
- Se implementó un Manual de Usuario de operación consecuente con el desarrollo tanto de hardware como de software del sistema de control y supervisión de la caldera con la premisa fundamental de fácil apropiación por el usuario final. El manual de usuario de mantenimiento correspondió a Colmáquinas Construcciones
- La ingeniería de integración converge en el conglomerado de conocimientos en búsqueda de óptimas soluciones a partir de la conjugación de diferentes productos de diversas marcas disponibles en el mercado. Según las premisas del diseño de esta ingeniería, se concluye que es fundamental que los ingenieros de proceso o de producto que deseen integrar soluciones con herramientas como las ofrecidas para ello en este desarrollo (Autómatas, Redes de control industrial, paneles de operador), se asesoren de expertos en selección y programación de estos equipos, con el fin de asignar un correcto dimensionamiento a los conjuntos de equipos de control y supervisión de proceso, factor fundamental para óptimo desarrollo de la ingeniería de integración.
- Las calderas comúnmente son controladas por equipos de control de proceso desarrollados específicamente para este tipo de aplicaciones, por marcas

ampliamente reconocidas para ejecución de estas tareas como son Foxboro, Honeywell, Bailey, entre otras que ofertan soluciones que integran procesamiento y monitoreo al igual que la arquitectura de trabajo desarrollada, pero a costos elevados. Aquí es donde la ingeniería de integración sobresale con sus valores agregados para el desarrollo de soluciones con estándares para el control y supervisión de proceso con equipos que igualmente cumplen con las normas y exigencias que una máquina de esta envergadura requiere. Esta óptima, confiable, novedosa y razonablemente económica solución es el elemento que pondera este diseño sobre otras soluciones ofrecidas en el mercado.

- En el desarrollo de la ingeniería de integración, se detectaron dos elementos de la arquitectura del sistema que se debieron seleccionar con prestaciones más amplias para este sistema: el tipo de CPU y el tipo de panel operador. El sistema es operable con los actuales sin inconvenientes para el proceso, pero la solución óptima no es la que está implementada. Se requiere de una CPU 317-2DP, la cual posee mayor resolución de procesamiento y un espacio en memoria más amplio, falencia fundamental del desarrollo en la medida que el PLC se encuentra al 97% de su capacidad de almacenamiento, su tiempo de procesamiento oscila entre 10 a 50 ms. por ciclo, lo cual es más que óptimo para el desarrollo. Por otra parte, por la envergadura del proceso, las magnitudes del desarrollo de subprocesos o subsistemas conllevan a recomendar un espacio en pantalla más amplio (15") para refinar características de diseño industrial, ahorro de espacio físico, mayor facilidad de navegación, lo cual se traduce en ahorro de tiempo, versatilidad en la operación, valoración ergonómica y estética con más altas prestaciones para el usuario final, entre otros rasgos en beneficio del proceso y del operario en turno.
- Las implicaciones técnicas de la norma IEC 61131-3 son de gran importancia, en la medida del campo que permiten para el desarrollo de ingeniería, dejando un

espacio considerable para el crecimiento y la especialización profesional. Actualmente, causa impacto en el mundo del control industrial y éste no se restringe al mercado convencional de los PLC's. Ahora mismo, se pueden ver adoptadas en aplicaciones para control de movimiento, sistemas distribuidos y sistemas de control basados en PC (SoftPLC), incluyendo los paquetes SCADA y sus áreas de su utilización siguen creciendo. El uso de IEC 61131-3 proporciona numerosos beneficios para usuarios/programadores. Los beneficios de la adopción de este estándar son varios, dependiendo de las áreas de aplicación: control de procesos, integrador de sistemas, educación, programación, mantenimiento, instalación, etc. Vamos a nombrar sólo algunos de estos beneficios:

- Se reduce el gasto en recursos humanos, formación, mantenimiento y consultoría.
- Evita las fuentes habituales de problemas de programación por el alto nivel de flexibilidad y reutilización del software.
- Las técnicas de programación son utilizables en amplios sectores (control industrial en general).
- Combinan adecuadamente diferentes elementos que pueden provenir de diferentes fabricantes, programas, proyectos, entre otros.
- Incrementa la conectividad y comunicación entre los distintos departamentos de compañías que desarrollan bajo el estándar.

8. RECOMENDACIONES

El desarrollo del proyecto conllevó a una conclusión que se explica en el punto anterior, donde se hace referencia a la insuficiencia en memoria de la CPU de desarrollo, para lo cual se recomiendan dos ítems:

- Adquirir para la caldera una estación de control con mayores prestaciones en memoria. Para ello se sugiere se instale una CPU 317-2DP, la cual cumple con los requerimientos de la actual pero con mayores prestaciones en memoria y procesamiento, además de hacer parte de la misma familia S7300, lo cual evita reprogramar el equipo, basta con cambiar la memory card, removible desde el panel frontal del PLC, instalar la nueva CPU e insertarle la tarjeta actual de memoria.
- Por la condición de máxima capacidad instalada en software, se recomienda programar las labores de mantenimiento o cambio de parámetros de la estación de control, cuando exista una parada del proceso de producción de vapor por parte de la caldera cinco, en la medida que para eliminar o insertar elementos del lenguaje CFC, por ejemplo, es necesario detener el PLC.

En la concepción física, la pantalla de proceso, no quedó en un lugar de acceso directo entre estación de control y supervisión, están a una distancia que aunque esta a menos de 10 metros, se recomienda acercar las estaciones de control y supervisión para el optimo desempeño del operario ante fallas, mantenimiento, prueba de señales, entre otros aspectos.

El manual de usuario se recomienda dejarlo a la mano y en un punto fijo para los operarios en los tableros de control, en conjunto con el documento de colmáquinas

sobre las especificaciones finales de diseño. Son una pareja ideal para superar ágilmente problemas típicos en campo de estos equipos.

El estado de la estación de control, es de alta importancia para el operador en planta, en la medida que su accionar o su falla, deben exhibirse visiblemente. Para ello, al ver las distancias entre estaciones y el tipo de tablero utilizado, se recomienda instalar un Piloto luminoso en el tablero para reflejar la señal de PLC en modo RUN.

BIBLIOGRAFÍA

ALBERT, Kohan L. Manual de Calderas. 2 ed. San Francisco McGraw-Hill, 1996. 2 v.

Catálogos de Venta y Distribución de Productos. New Jersey: Bailey, 1985. 10 p.

Catálogos de Venta y Distribución de Productos. Atlanta: Foxboro, 1987. 4p.

Equipos y redes de datos - Catálogos de Venta y Distribución de Productos. Florida: Honeywell, 1989. 20 p.

Especificaciones Finales de la Caldera DPA Colombia. Santiago de Cali: Colmáquinas Construcciones S.A., Nov 2006. 36 p.

MÉNDEZ PUPO, Arnaldo. Especificaciones del Producto. Santiago de Cali: 2002. 23 p.

MÉNDEZ PUPO, Arnaldo. Proceso de Diseño y Desarrollo. Santiago de Cali, 2002. 13 p.

MÉNDEZ PUPO, Arnaldo. Proceso de Planeación de un Producto. Santiago de Cali, 2002. 13 p.

Norma Colombiana RETIE. [en línea]. Bogotá D.C.: Cotecna, 2006. [consultado 20 nov. 2006]. Disponible en línea en <http://www.cotecna.com.co/esp/Servicios/Retie.asp>

Norma de Programación IEC [en línea]. Madrid: Campus Universitario de Viseques - Principado de Asturias, Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2006. [consultado 2 nov. 2006] disponible en línea en www.viseques.com/normas/iec

Norma IEC 61131-3 [en línea]. Madrid: Plc Open, 2006. [consultado 5 jun. 2006]. Disponible en línea en www.plcopen.org

OERTLI 3.1.1.2_FMS-Combi-DLT6079-03-aE-0066-prt.pdf, Catalogo de Producto Controladores para quemadores, Oertly Induflame. Munich, 2005. 48 p.

Protocolo Can, Universidad de Oviedo Campus de Viseques [en línea]. Madrid: Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2006. [consultado 2 nov. 2006]. Disponible en línea en www.universidaddeoviedo/automatica

SAM, G. Dukelow. Control of Boilers. 2 ed. Florida: Alfa Omega, 1988. 190 p.

SIMATIC Protool/Pro CS V6.0 RC1 [en línea]. Munich: Manuales de ayuda – Online Help, Siemens AG, 1993-2001, Diciembre 13 de 2001. Disponible en Internet www.siemens.com

SIMATIC Manager STEP 7 S7/M7/C7 V5.3 + HF2 [en línea]. Munich: Manuales de ayuda – Online Help, Siemens AG, 1995-2004, Diciembre 15 de 2005. Disponible en Internet www.siemens.com

ANEXOS

Anexo 1. Requerimientos del cliente

FABRICA VALLEDUPAR DPA
SISTEMA ELECTRICO CALDERA 1
ESPECIFICACIÓN BASICA PARA EL CONTRATISTA
(JLSL – 21-10-2005)

1. Todo el sistema de control : instrumentos, PLC, controladores, software , sensores, válvulas, conexionado, etc., debe ser realizado de tal forma que cumpla todos los requisitos de seguridad exigidos por la norma NFPA 85 última versión, la norma TM- 203.9 de Nestle y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE..
2. El Contratista debe suministrar los siguientes tableros:
 - Tablero de fuerza para caldera 1
 - Tablero de fuerza para bombas de agua
 - Tablero de control de caldera 1
3. El tablero de fuerza caldera 1 suministrado por el contratista debe incluir:
 - Arrancador para el ventilador de la caldera, el variador de velocidad es suministrado por Nestle.
 - Arrancadores para los 4 motores de los sopladores de hollín.
 - Arrancador para bomba de combustible
 - Arrancadores para 2 bombas de químicos
 - Arrancadores para 2 agitadores
 - Barrajes fases, neutro y Tierra dimensionados para 1.5 A/mm²
 - Celda Rittal de 2x0.8x0.6 m de alto x ancho x profundo

4. El tablero fuerza para bombas de agua suministrado por el contratista debe incluir :

- Arrancadores suaves para 2 motores de las bombas de agua
- Todos los demás elementos de protección , control y fuerza
- Todos los elementos eléctricos necesarios para la distribución de fuerza y protecciones: interruptores termomagnéticos, contactores, borneras, canaletas, etc.

5. El tablero de control suministrado por el contratista debe incluir:

- Control de combustión marca LAMTEC/FMS-5, suministrado por Nestle
- PLC Siemens seleccionado de acuerdo con las necesidades del sistema
- Todos los elementos integrados en los planos preliminares suministrados por Nestle.
- Todos los elementos y accesorios necesarios para el cumplimiento de lo exigido en el numeral 1.
- Todos los elementos necesarios para los circuitos de control tales como: transformador de control, fuente DC, fusibles, borneras, canaletas, relés, etc.
- Celda Rittal: una o dos celdas de 2x0.8x0.6m de altoxanchoxprofundo.

6. Funciones del sistema de control: El contratista debe suministrar el PLC con todos sus accesorios y el software necesario para ejecutar las siguientes funciones :

- Control de combustión
- Control de presión de la caldera
- Control de nivel de agua de la caldera

- Control de purga de la caldera
- Optimización de la combustión: control de O₂ y CO (estos sensores son suministrados por Nestle)
- Protecciones del sistema
- Arranque y parada de motores: ventilador, deshollinadores (4), bombas de agua (2), servomotores.
- Paradas de emergencia

7. Estrategias de control: El Contratista debe desarrollar el software necesario para ejecutar las estrategias de control mencionadas en el anexo. Ver anexos.

8. Funciones de supervisión: El contratista debe desarrollar el software necesario para realizar las siguientes funciones en Wonderware o en una pantalla (panel) Siemens

- Cálculo de la eficiencia de la caldera
- Feedwater flow: registro y tendencia
- Feedwater pressure: registro y tendencia
- Feedwater temperatura antes del economizador: registro y tendencia
- Feedwater temperatura después del economizador: registro y tendencia
- Drum pressure: registro y tendencia
- Drum level: registro y tendencia
- Flujo de gas natural: registro y tendencia
- F.O N°2 (diesel) flow: registro y tendencia
- Combustión air flow: registro y tendencia
- Combustión air pressure: registro y tendencia
- Steam generated flow: registro y tendencia
- Furnace pressure: registro y tendencia

- Flue gases pressure antes del economizador: Registro y tendencia
- Flue gases pressure después del economizador: Registro y tendencia
- Todas las alarmas del sistema: registro
- Otras funciones que contribuyan a mejorar la operación del sistema.

9. El contratista debe desarrollar el software necesario para indicar el estado de todos los elementos del sistema en un monitor + PC + Wonderware o una pantalla (Panel) Siemens.

10. El Contratista debe entregar la lista de materiales para montaje eléctrico: Tubería conduit, cables, etc.

11. El contratista debe cotizar el montaje de todos los instrumentos y equipos auxiliares en la caldera en Valledupar.

12. El Contratista debe elaborar los siguientes planos:

- Potencia de todo el sistema
- Diagramas elementales
- Diagramas de conexión de borneras
- Rutas de cables
- Diagramas de los lazos de control

13. El Contratista debe cotizar el arranque de todo el sistema en Valledupar incluyendo:

- Calibración de instrumentos
- Sintonía de los lazos de control
- Configuración y parametrización de equipos complementarios y de campo

14. El Contratista debe coordinar sus actividades con los otros contratistas que intervienen en el proyecto: Colmáquinas, Oertli y los encargados del montaje eléctrico y mecánico.
15. El Contratista, para la puesta en servicio de la caldera debe someterse al Cronograma General establecido por Nestle.

Anexo 2. Manual de Usuario

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LA CALDERA # 5

DPA COLOMBIA

2006

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: Consideraciones básicas del producto

CAPITULO 2: Descripción del sistema

CAPITULO 3: Componentes del sistema

CAPITULO 4: Navegación de Pantallas de proceso

CAPITULO 5: Solución de Conflictos

CAPITULO 6: Pantallas del sistema

CAPITULO 7: Recomendaciones

Diseñado por:

Kamati Ltda.

kamati@emcali.net.co

CAPITULO 1

Consideraciones básicas del producto

El presente es el manual de operaciones de la pantalla del proceso Siemens OP270-10", de la Caldera Acuotubular número 5 de la zona de calderas de DPA Colombia. La Caldera es un diseño exclusivo de Colmáquinas Construcciones S.A., para DPA Colombia S.A. La Caldera Acuotubular posee una capacidad de 33.000 Libras hora de producción de vapor de calidad Saturado. Su producción será integrada a la línea de calderas de la planta, con las características de ser la quinta en la serie, la de mayor capacidad al momento y con control automático dado por un PLC y una pantalla de operador.

Su producción se enfoca con el consumo de dos tipos de combustible: el Fuel oil – FO2, y el Gas natural. El control de llama es una tarea específica de un quemador y un control de quema, típicamente diseñados para ello. El cerebro de la quema esta a cargo de un controlador Lamtec FMS5, y el quemador es un diseño de la casa Oertli Induflame, los cuales en conjunto operan con las condiciones dadas en el panel de proceso y cambian automáticamente de modo instantáneo de combustible entre ACPM y Gas Natural. La comunicación de este controlador con el PLC se realiza por medio de Profibus DP.

El controlador de todo el proceso, esta a cargo de un PLC Siemens de la familia S7 300, el cual pone de acuerdo los diversos accionamientos, según las diversas señales de campo, el controlador del quemador y el panel operador. El monitoreo y mando esta a cargo de un PC industrial, la OP 270 de 10" de Siemens

CAPITULO 2

Descripción del sistema

El monitoreo y mando esta a cargo de un PC industrial, la OP 270 de 10" de Siemens donde habita un sistema supervisorio para toda la caldera dividido en subsistemas operativos para la caldera. El diseño total consta de cuarenta y cinco pantallas.

Los accesos a subsistemas igualmente conducen a particularidades de cada uno de los procesos o a pantallas que de una u otra forma se ligan para la óptima funcionalidad del sistema desde el panel operador. Los siguientes títulos en negrilla indican los accesos principales y los señalados con viñetas las opciones adicionales de enlace para cada uno de ellos, en el capítulo 4 podrá consultar las opciones de navegación entre estos subsistemas:

Seguridad Caldera

- Seguridad GAS
- Seguridad ACPM

7 Estaciones de Control – Tendencias

- DOMO
- Desaireador
- Analizado CO
- Analizador O2
- Flujo ACMP
- Flujo GAS
- Temperatura Gases Economizador
- Temperatura Agua Economizador
- Presiones del Sistema

- Flujo Vapor DOMO

Estado Quemador

Estado Economizador

6 Tendencias – Estaciones de Control

- Economizador
- Domo
- Combustible
- Desaireador
- Combustión
- Tiros de Caldera

Arquitectura

Estado Caldera

Estado Motores

- Bombas de Agua
- Ventilador Tiro Forzado
- Sopladores Hollín
- Bomba ACPM
- Agitadores Químicos
- Bombas Químicos

Desaireador

Almacenamiento Alarmas

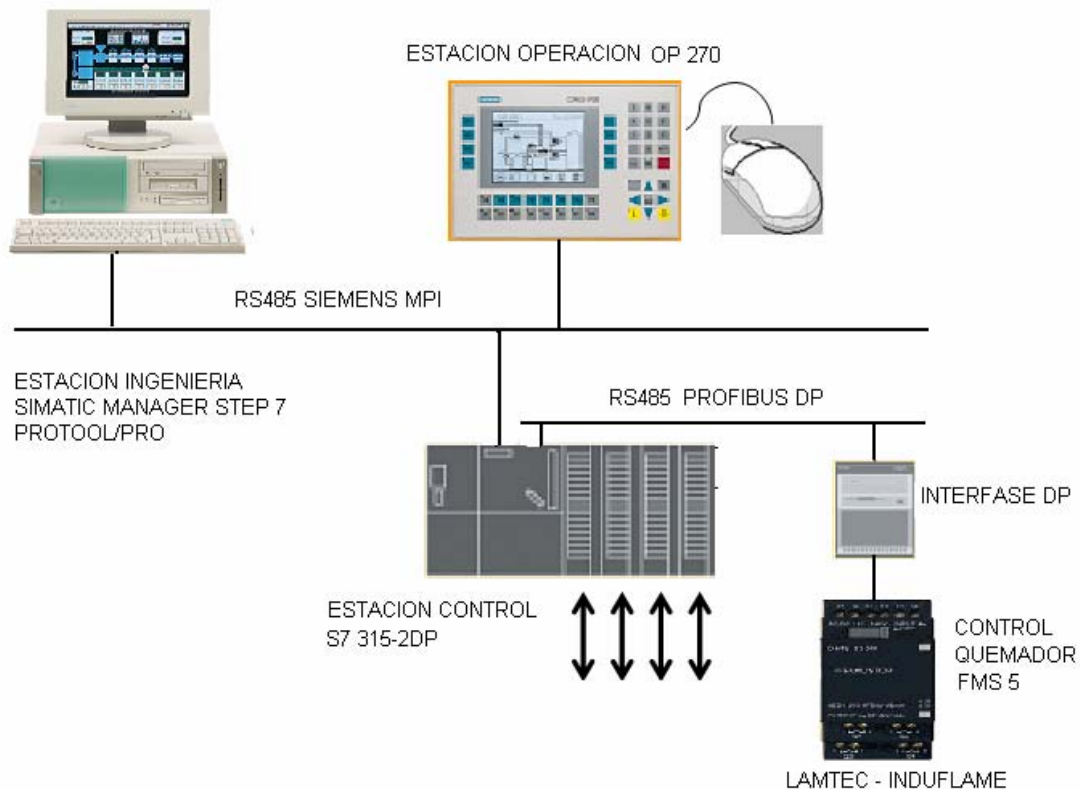
CAPITULO 3

Componentes del sistema

El sistema se encuentra diseñado con la concepción de ingeniería de integración, la cual es resumida en la arquitectura de proceso de la figura 1, la cual consta de los presentes elementos de interacción fundamental:

- PLC Siemens S7300 CPU 315-2DP
- Módulos de entradas y salidas para señales y accionamientos de Caldera
- Panel Operador OP270
- Controlador Quemador Lamtec FMS5 enlazado con Quemador de Caldera OERTLI INDUFLAME
- Estación de Ingeniería para el diagnostico y programación de la estación de control.

Figura 1: Arquitectura de Sistema



Para el logro de la conectividad de la arquitectura, se encuentra enlazada físicamente según la tabla 2 de interconexión de elementos funcionales del sistema exhibiendo sus características en la presente tabla:

Tabla 1: Enlace físico de arquitectura

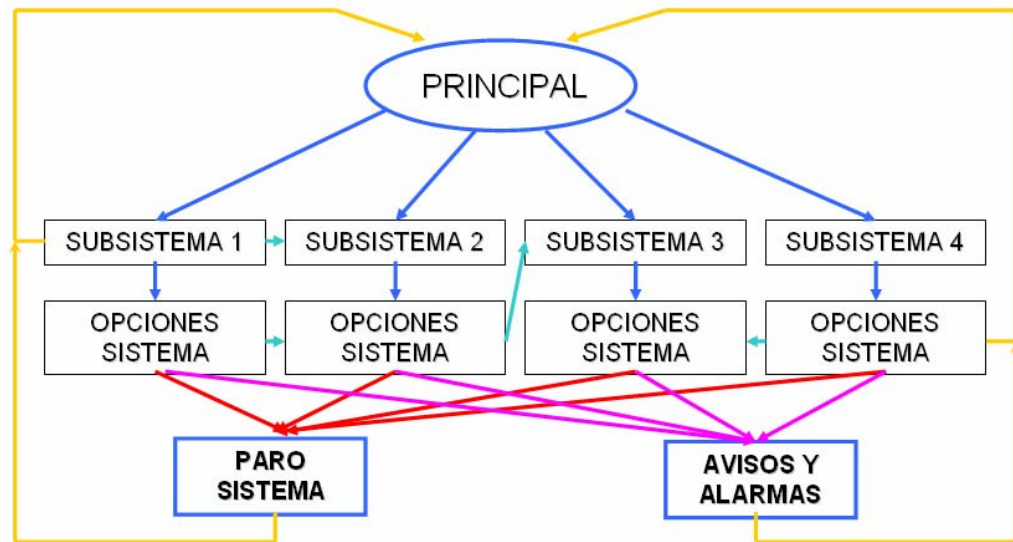
ITEM	ELEMENTO	CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
1	OP270 a PLC	Cable tipo serial DB9 - MPI	Conexión a PLC a 187,5 kbps
2	Estación de ingeniería a PLC	Cable Siemens PC Adapter Profibus/MPI/PPI	Conexión a PLC y a OP270 a 187,5 kbps o superior para configuración y descarga de programa
3	Estación de ingeniería a KOM PROCESSOR	Cable tipo serial DB9	Conexión a interfase con controlador a 9,6 kbps para configuración y descarga de programa
4	KOM PROCESSOR del Lamtec FMS5 a PLC	PG Fast Connect + Cable Profibus	Conexión a PLC a 187,5 kbps

CAPITULO 4

Navegación de Pantallas de proceso

Las pantallas del sistema, poseen un esquema de navegación básico que inicia con el reconocimiento de la pantalla de proceso principal, donde se ingresan a las diferentes opciones de subsistemas, desde los que se ingreso a otros o se retorna a la principal. En cualquiera de ellas se pueden realizar las correspondientes acciones de control o detener radicalmente el proceso. A continuación se presente el diagrama de flujo 1, base de la navegación:

Diagrama de Flujo 1: Arquitectura de la Navegación de las Pantallas



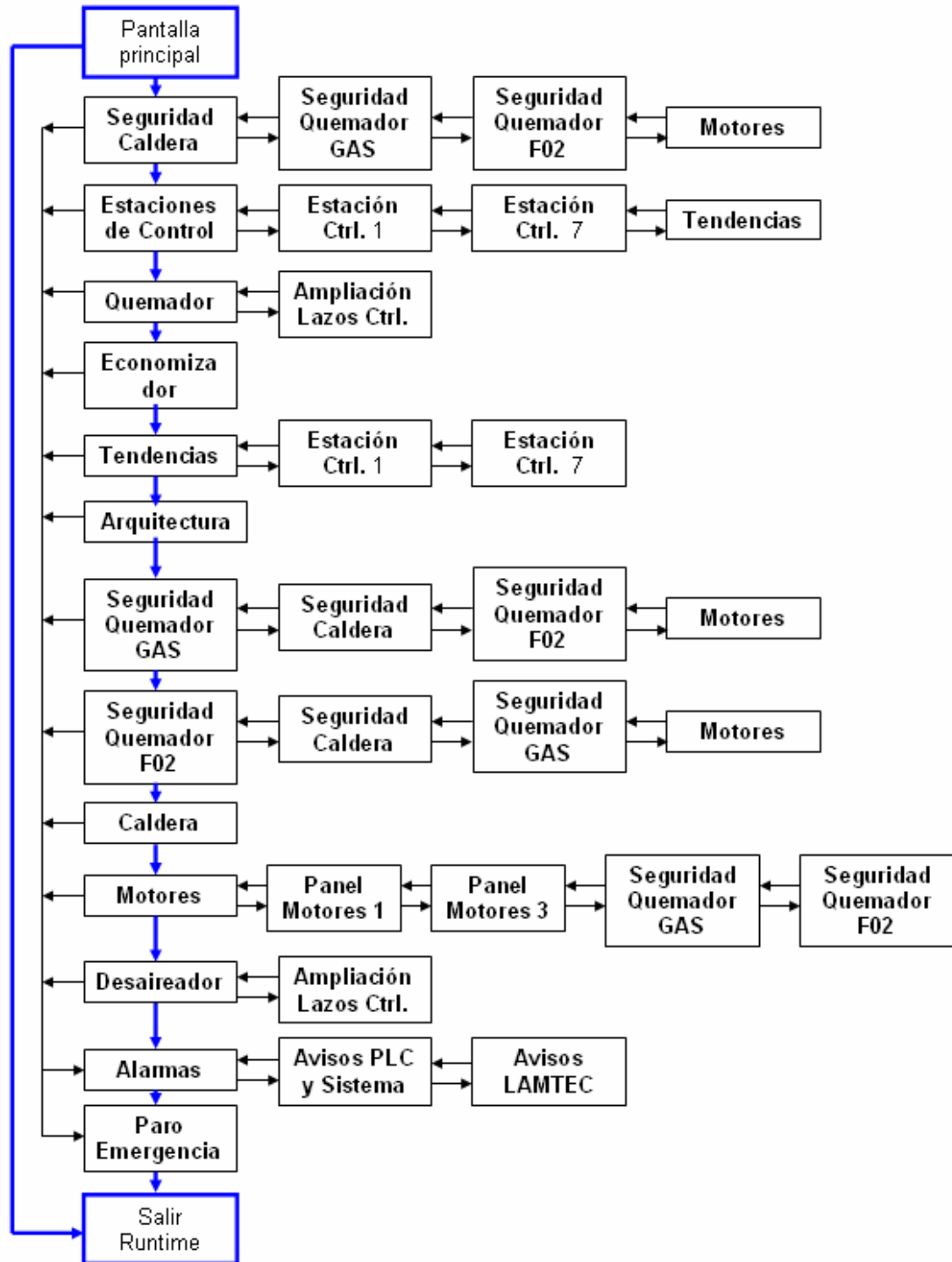
Interacciones

- Las interacciones en azul, son las normalmente sucedidas en orden de subfunciones y características de cada una.
- Dentro de las subfunciones, se puede migrar hacia otras o hacia opciones características de otros subsistemas, dado por las flechas de color verde.

- Todas las pantallas conducen al Paro de Emergencia, indicado por las flechas rojas.
- Todas las pantallas conducen a las alarmas y avisos del sistema, indicado por las interacciones color púrpura.
- Todas las pantallas retornan a la pantalla principal, sin importar donde se encuentre el usuario, indicado por las interacciones color amarillo.

Con el esquema de navegabilidad principal, se muestra el diseño detallado en el siguiente diagrama de flujo 2, de enlaces de la pantalla, donde se ilustra el acceso o salida de cada una de las pantallas del sistema:

Diagrama de Flujo 2: Navegación de Pantallas



CAPITULO 5

Solución de Conflictos

El sistema puede presentar dos tipos de conflicto fundamentalmente:

1. Problemas con la respuesta de la Caldera

Problemáticas de campo presentadas con la respuesta esperada de la caldera, referentes a problemas con:

- Sensores de Campo
- Actuadores
- Conexiones Eléctricas
- Conectividad de Señales de Campo
- Falla en el suministro de materia prima

Entre otros, para este caso se recomienda consultar la documentación técnica suministrada por el fabricante para el equipo.

2. Problemas con la Arquitectura de Control y Supervisión

El esquema de automatización de la Caldera, puede presentar falla en alguno de sus elementos. Inicialmente se recomienda identificar cual de los elementos que conforma la arquitectura del sistema – Figura 1 – es el que tiene dificultades, bajo los siguientes parámetros para cada uno:

- **PLC Siemens S7300 CPU 315-2DP**

Verifique los siguientes elementos para el equipo:

Alimentación: La CPU debe tener los niveles de voltaje y corriente sugeridos por el fabricante. Si no lo está, verifique el estado de la fuente de alimentación del sistema, ubicada a la izquierda del PLC.

Modo de operación: El PLC debe estar en la opción de RUN, para su normal funcionamiento, si no lo está, pruebe rearrancando el sistema moviendo la palanquilla que habilita esta opción desde STOP hacia RUN. Si el problema persiste, prueba cortando la alimentación del sistema por unos minutos. Si el problema persiste, verifique la consistencia del programa con ayuda de una estación de Ingeniería.

Comunicación MPI y Profibus: Si el PLC tiene un error de periferia, verifique la conexión física de los elementos asociados a cada uno de los puertos de comunicaciones, tanto en los puertos del PLC, como en los equipos de periferia: Lamtec FMS5 y OP270-10".

Funcionamiento Módulos I/O: Verifique que no se existen errores en los módulos I/O y el módulo de comunicaciones IM365, según los parámetros dados en el siguiente aparte.

- **Problemas con Módulos de entradas y salidas para señales y accionamientos de Caldera**

Verifique los siguientes elementos para el equipo:

Alimentación: Los módulos de entradas y salidas análogas y digitales deben tener los niveles de voltaje y corriente sugeridos por el fabricante. Si no lo están, verifique el estado de la fuente de alimentación del sistema, ubicada a la izquierda del PLC.

Comunicación entre módulo: Verifique la conectividad de los módulos entre sí y/o de los dos racks por medio de la IM365.

Comunicación de IM365: Verifique la ausencia de falla en este módulo de comunicaciones, su alimentación sugerida por el fabricante y el enlace físico del cable que une los racks.

Modo de operación: Si el problema persiste, prueba cortando la alimentación del sistema con problemas por unos minutos. Si el problema persiste, verifique la consistencia del valor de entrada de la señal al programa con ayuda de una estación de Ingeniería.

- **Problemas con Panel Operador OP270**

Verifique los siguientes elementos para el equipo:

Alimentación: El panel de operador debe tener los niveles de voltaje y corriente sugeridos por el fabricante. Si no lo están, verifique el estado de la fuente de alimentación al sistema.

Comunicación: Verifique el nivel físico de conexión MPI entre la OP270 y el PLC. Si el problema persiste, verifique la configuración de los parámetros de la red dada en la tabla 1, ingresando al sistema operativo del panel de operador, saliendo del Runtime o reiniciando la pantalla (apagar y encender e panel nuevamente). Si el problema persiste, prueba cortando la alimentación del sistema con problemas por unos minutos. Si el problema persiste, verifique la consistencia del valor de entrada de la señal al programa con ayuda de una estación de Ingeniería.

Operación: Verifique los puntos dados para la comunicación. Si el problema persiste, verifique la consistencia de la navegación contra el aportado en el diagrama de flujo 2.

- **Problemas con Controlador Quemador Lamtec FMS5 enlazado con Quemador de Caldera OERTLI INDUFLAME**

Verifique los siguientes elementos para el equipo:

Alimentación: El controlador debe tener los niveles de voltaje y corriente sugeridos por el fabricante. Si no lo están, verifique el estado de la fuente de alimentación al sistema.

Comunicación: Verifique el nivel físico de conexión Profibus entre el Lamtec FMS5 y el PLC. Si el problema persiste, verifique la configuración de los parámetros de la red dada en la tabla 1. Si el problema persiste, pare el proceso y reinicie el equipo. Si el problema persiste, pare el proceso y pruebe cortando la alimentación del sistema con problemas por unos minutos. Si el problema persiste, verifique la consistencia de los valores de entrada y salida de la señal de campo físicamente y con ayuda de una estación de Ingeniería.

CAPITULO 6

Pantallas del sistema

A continuación presentamos cada una de las pantallas de proceso, según el diagrama de flujo 2 del capítulo 4.

CAPITULO 7

Recomendaciones

Por la condición de máxima capacidad instalada en software, se recomienda programar las labores de mantenimiento o cambio de parámetros de la estación de control, cuando exista una parada del proceso de producción de vapor por parte de la caldera cinco, en la medida que para eliminar o insertar elementos del lenguaje CFC, por ejemplo, es necesario detener el PLC.

En la concepción física, la pantalla de proceso, no quedó en un lugar de acceso directo entre estación de control y supervisión, están a una distancia que aunque esta a menos de 10 metros, se recomienda acercar las estaciones de control y supervisión para el óptimo desempeño del operario ante fallas, mantenimiento, prueba de señales, entre otros aspectos.

El manual de usuario se recomienda dejarlo a la mano y en un punto fijo para los operarios en los tableros de control, en conjunto con el documento de colmáquinas sobre las especificaciones finales de diseño. Son una pareja ideal para superar ágilmente problemas típicos en campo de estos equipos.

Anexo 3. Tipos de Calderas

- **Calderas de Gran Volumen de Agua**

Calderas Sencillas

Estas calderas se componen de un cilindro de planchas de acero con fondos combados. En la parte central superior se instala una cúpula cilíndrica llamada domo, donde se encuentra el vapor más seco de la caldera, que se conduce por cañerías a las máquinas. Las planchas de las calderas, así como los fondos y el domo se unen por remachadura.

Esta caldera se monta en una mampostería de anillos refractarios, y allí se instalan el fogón carnicero y conducto de humo. En el hogar, situado en la parte inferior de la caldera, se encuentran las parrillas de hierro fundido y al fondo un muro de ladrillos refractarios, llamado altar, el cual impide que se caiga el carbón y eleva las llamas acercándolas a la caldera.

Calderas con Hervidores.

Este tipo de calderas surgieron bajo la necesidad de producir mayor cantidad de vapor. Los hervidores son unos tubos que se montan bajo el cuerpo cilíndrico principal, de unos 12 metros de largo por 1.50 metros de diámetro; estos hervidores están unidos a este cilindro por medio de varios tubos adecuados. Los gases del hogar calientan a los hervidores al ir hacia adelante por ambos lados del cuerpo cilíndrico superior, tal como en la caldera anteriormente mencionada.

Las ventajas de estas calderas, a comparación de las otras, es por la mayor superficie de calefacción o de caldeo, sin aumento de volumen de agua, lo que aumenta la producción de vapor. Su instalación, construcción y

reparación es sencilla. Los hervidores pueden cambiarse o repararse una vez dañados.

La diferencia de dilatación entre la caldera y los hervidores pueden provocar escape de vapor en los flanches de los tubos de unión y, a veces, la ruptura. Esta es una de las desventajas de esta caldera.

Calderas de Hogar Interior.

En este tipo de calderas, veremos las características de funcionamiento de la caldera con tubos hogares "cornualles". Estas calderas están formadas por un cuerpo cilíndrico principal de fondos planos o convexos, conteniendo en su interior uno o dos grandes tubos sumergidos en agua, en cuya parte anterior se instala el hogar.

El montaje se hace en mampostería, sobre soportes de fierro fundido, dejando un canal para que los humos calienten a la caldera por el interior en su recorrido hacia atrás, donde se conducen por otro canal a la chimenea. Su instalación se puede hacer por medio de dos conductos en la parte baja, para que los humos efectúen un triple recorrido: hacia adelante por los tubos hogares, atrás por un conducto lateral, adelante por el segundo conducto y finalmente a la chimenea. Los tubos hogares se construyen generalmente de plantas onduladas, para aumentar la superficie de calefacción y resistencia al aplastamiento.

- **Caldera de Mediano Volumen de Agua – Ignitubulares**

Caldera Semitubular.

Esta caldera se compone de un cilindro mayor de fondos planos, que lleva a lo largo un haz de tubos de 3" a 4" de diámetro. Los tubos se colocan expandidos en los fondos de la caldera, mediante herramientas especiales; se sitúan diagonalmente para facilitar su limpieza interior.

Más arriba de los tubos se colocan algunos pernos o tirantes para impedir la deformación y ruptura de los fondos, por las continuas deformaciones debido a presión del vapor, que en la zona de los tubos estos sirven de tirantes.

Para la instalación de la caldera se hace una base firme de concreto, de acuerdo al peso de ella y el agua que contiene. Sobre la base se coloca la mampostería de ladrillos refractarios ubicados convenientemente el hogar y conductos de humos. La caldera misma se mantiene suspendida en marcos de fierro T, o bien se monta sobre soporte de fierro fundido. Estas calderas tienen mayor superficie de calefacción.

Caldera Locomotora.

Esta caldera se compone de su hogar rectangular, llamada caja de fuego, seguido de un haz tubular que termina en la caja de humo. El nivel del agua queda sobre el ciclo del hogar, de tal manera que éste y los tubos quedan siempre bañados de agua.

Para evitar las deformaciones de las paredes planas del hogar, se dispone de una serie de estayes y tirantes, que se colocan atornillados y remachados o soldados a ambas planchas. Los tubos se fijan por expansores a las dos placas tubulares y se pueden extraer por la caja de humo, cuando sea necesario reemplazarlos. Todas las calderas locomotoras se hacen de chimenea muy corta, las que producen pequeños tirajes naturales.

Calderas de Galloway.

Reciben este nombre las calderas de uno o dos tubos hogares, como la Cornualles, provistas de tubos Galloway. Estos tubos son cónicos y se colocan inclinados en distintos sentidos, de tal manera que atraviesan el tubo

hogar. Los tubos Galloway reciben el calor de los gases por su superficie exterior, aumentando la superficie total de calefacción de la caldera.

Locomóviles.

Este nombre lo recibe el conjunto de caldera y máquina a vapor que se emplea frecuentemente en faenas agrícolas. La caldera puede ser de hogar rectangular, como la locomotora, o cilíndrico. La máquina se monta sobre la caldera, y puede ser de uno o dos cilindros. Todo el conjunto se monta sobre ruedas y mazos para el traslado a tiro.

Estas calderas tienen también tiraje forzado al igual forma que las locomotoras. Deberán estar provistas, además, de llave de extracción de fondo, tapón fusible, válvula de seguridad, manómetro, etc., accesorios indispensables para el estricto control y seguridad de la caldera.

Calderas Marinas.

Los buques a vapor emplean calderas de tubos de humo y de tubos de agua. Entre las primeras se emplean frecuentemente las llamadas "calderas de llama de retorno" o "calderas suecas". Este tipo de calderas consta de un cilindro exterior de 2 a 4.1/2 metros de diámetro y de una longitud igual o ligeramente menor. En la parte inferior van dos o tres y hasta cuatro tubos hogares, que terminan en la caja de fuego, rodeado totalmente de agua.

Los gases de la combustión se juntan en la caja de fuego, donde terminan de arder y retoman, hacia atrás por los tubos de humo, situados más arriba de los hogares. Finalmente los gases quemados pasan a la caja de humo y se dirigen a la chimenea.

Semifijas.

En algunas plantas eléctricas, aserraderos, molinos, etc., se emplea el conjunto de caldera y máquina vapor que recibe el nombre de "semifija". La caldera se compone de un cilindro mayor, donde se introduce el conjunto de hogar cilíndrico y haz de tubos, apernado y empaquetados en los fondos planos del cilindro exterior. El hogar y el haz de tubos quedan descentrados hacia abajo, para dejar mayor volumen a la cámara de vapor. Todo este conjunto se puede extraer hacia el lado del hogar, para efectuar reparaciones o limpieza.

El emparrillado descansa al fondo en un soporte angular, llamado "puente de fuego" y tiene también varios soportes transversales ajustables. El hogar se cierra por el frente por una placa de fundición, revestida interiormente de material refractario, donde va también la puerta del hogar y cenicero. El vapor sale por el domo de la caldera, pasa por el serpentín recalentador, se recalienta y sigue a la máquina.

Calderas Combinadas.

Las construidas con más frecuencia son las calderas de hogar interior y semitubular. En la parte inferior hay una caldera Cortnualles de dos o tres tubos hogares o una Galloway, combinada con una semi tubular que se sitúa más arriba. Ambas calderas tienen unidas sus cámaras de agua y de vapor, por tubos verticales.

Los hogares se encuentran en la caldera inferior. Los gases quemados se dirigen hacia adelante, suben y atraviesan los tubos de la caldera superior, rodean después a esta caldera por la parte exterior, bajan y rodean a la inferior, pasando finalmente a la chimenea. El agua de alimentación se entrega a la caldera superior y una vez conseguido el nivel normal de ésta, rebalsa por el tubo vertical interior a la cámara de agua de la cámara inferior.

Ambas calderas están provistas de tubos niveles propios. El vapor sube por el tubo vertical exterior, se junta con el que produce la caldera superior y del domo sale al consumo.

- **Calderas de Pequeño Volumen de Agua**

Caldera Acuotubular

Clasificada dentro de las calderas de pequeño volumen, se encuentra especificada dentro del marco teórico del proyecto.

Caldera Babcock-Wilcox

Compuesta de uno hasta tres colectores superiores de agua y vapor, unidos al haz de tubos rectos inclinados por ambos extremos y el colector inferior de impurezas.

El hogar es generalmente de parrilla mecánica, utiliza como combustible hulla menuda, la cual es depositada en la tolva avanzando al interior del hogar.

Una vez penetrado al hogar, se destila quemándose los gases con llama larga; el coke que resulta se sigue quemando, hasta quedar solo ceniza y escoria. Los gases calientan primeramente la parte superior del haz tubular, el recalentador del vapor, para continuar según las flechas hasta dirigirse a la chimenea.

El agua se inyecta a la cámara de agua del colector superior, bajando e iniciando así su calentamiento, poniéndose en contacto con la parte menos caliente de los tubos de agua. Se junta con el vapor que allí se forma y circulan activamente, favorecidos por la inclinación de los tubos. El vapor se recibe por válvulas colocadas en la parte más alta y se recalienta en su paso por el recalentador al encender la caldera y para impedir que se fundan los

tubos secos del recalentador, se inunda, abriendo la llave de vapor y la de agua, posteriormente se cierra esa llave y se elimina el agua por la llave inferior.

Calderas Stirling.

Constan de tres colectores superiores dispuestos paralelamente entre sí, con sus cámaras de vapor interconectadas por tubos de acero. Las cámaras de agua de los dos primeros colectores están comunicadas. Los colectores superiores están conectados al inferior mediante tres haces de tubos delgados, expuestos al calor del hogar y de los gases producto de la combustión.

Consumen hulla u otro combustible sólido, como también líquidos o gaseosos. Los gases siguen el recorrido de las flechas calentando sucesivamente los haces tubulares, pasando finalmente a la chimenea.

El agua es inyectada al último de los tres colectores superiores, descendiendo por el haz menos calentado, para luego ascender por los dos anteriores, junto con el vapor que se produce en ellos. El vapor es obtenido del colector central superior, colocado a mayor altura que los otros dos, pudiendo ser enviado al recalentador que se monta sobre el primer haz de tubos. Se pueden obtener más de 80.000 Kg. de vapor por hora en esta caldera.

Caldera Borsig.

Compuesta de un colector superior de agua y vapor, unido al inferior de agua e impurezas por un haz de tubos verticales curvados en sus extremos, de tal manera que penetren radialmente en las paredes de los colectores, para facilitar su expandidura. En un extremo superior se encuentra el recalentador de vapor. Tiene dos clases de tubos:

- De descenso del agua (90-12 mm. diámetro).
- De vaporización (53,5-60 mm. diámetro).

El agua de alimentación es inyectada en forma directa a los tubos de descenso, que están provistos de un embudo, mientras que el otro embudo donde terminan esos tubos por su parte inferior, permite la precipitación de los sedimentos sobre el fondo del hervidor superior.

El agua más caliente sube por los tubos de vaporización al colector superior, de donde se extrae el vapor. Sobre los tubos de descenso va un mamparo refractario, para guiar los gases producto de la combustión.

Caldera Yarrow y Thornycroft.

Empleadas principalmente en buques de vapor. Compuestas ambas de un colector superior y de dos inferiores, unidos por dos haces de tubos. La caldera Yarrow tiene los colectores inferiores achatados para así facilitar la expandidura de los tubos. La Thornycroft tiene tubos curvos, que entran radialmente a los colectores, aumentando también su longitud y superficie y superficie de calefacción de la caldera.

Pueden quemar hulla o petróleo, en su amplio hogar, donde es quemada toda la materia volátil. Los gases suben calentando los tubos y recalentadores, que se ubican sobre ellos. Es común encontrar dentro de este tipo las llamadas calderas verticales.

Con tubos de Humo y de Agua.

Están compuestas de un cilindro mayor con un hogar cilíndrico y tubos de humo, de agua o de ambos a la vez. El hogar es interior y queda rodeado de una parte de la cámara de agua. Los gases ascienden verticalmente a lo

largo de los tubos de humo o rodean los tubos de agua, entregándoles la mayor parte de su calor. Son montados sobre una base de concreto y ladrillos refractarios. Son empleados en la pequeña industria. Padecen en general de algunos defectos, tales como:

- Rendimiento bajo por combustión deficiente y escape caliente de humos.
- Destrucción rápida de los tubos al nivel del agua por el recalentamiento de ellos.
- Son peligrosas en caso de explosión.

Como cualidades positivas presentan:

- Fácil construcción.
- Ocupan reducido espacio y son fáciles de ubicar.

Pirotubulares.

La caldera de vapor pirotubular, concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación presenta las siguientes características.

El cuerpo de caldera, está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor. La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humos.

El acceso al cuerpo lado gases, se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases, equipadas con bridas de conexión. En cuanto al acceso, al lado agua se efectúa a través de la boca de hombre, situada en la bisectriz superior del

cuerpo y con tubuladuras de gran diámetro en la bisectriz inferior y placa posterior para facilitar la limpieza de posible acumulación de lodos.

El conjunto completo, calorífugado y con sus accesorios, se asienta sobre un soporte deslizante y bancada de sólida y firme construcción suministrándose como unidad compacta y dispuesta a entrar en funcionamiento tras realizar las conexiones a instalación. La caldera, una vez realizadas las pruebas y comprobaciones reglamentarias y legales por una Entidad Colaboradora de la Administración, se entrega adjuntando un "Expediente de Control de Calidad" que contiene todos los certificados y resultados obtenidos.

Tipos de calderas pirotubulares

Calderas horizontales

Las calderas de vapor pirotubulares OLMAR, se fabrican con producciones comprendidas entre un mínimo de 200 Kg/h y un máximo de 17.000 Kg/h y con presiones que pueden oscilar desde 8 Kg/cm² hasta 24 Kg/cm².

Cada unidad pasa por estrictos controles durante el proceso de fabricación. Los resultados de estos controles, a los que se suman los que realizan nuestros proveedores en su propio material, conforman un Expediente de Control de Calidad. De esta forma se cumple lo indicado en el Código de Construcción, así como en todas las normas oficiales en vigor, tanto nacionales como de la Unión Europea.

Los procesos de soldadura están homologados y los operarios cualificados, siendo las soldaduras radiografiadas según las exigencias del Código de Diseño empleado.

A diferencia de otras calderas, cuya parte trasera solo es asequible por el interior del hogar, la caldera de vapor OLMAR dispone en la parte de atrás de una puerta abisagrada y de apertura total que deja al descubierto todo el interior. La facilidad de manipulación y la total accesibilidad, permiten al operario realizar las tareas de limpieza y mantenimiento desde el exterior y lo que es muy importante, incluso inmediatamente después de haber detenido el quemador.

Obsérvense otras dos características técnicas de suma importancia, la cámara tornafuego refrigerada por agua en su interior y la ondulación del tubo hogar. Como puede apreciarse el conjunto configura un sistema de tres pases de gases antes de la salida de estos por la chimenea, lo que permite la obtención de altos rendimientos térmicos que garantizan un 89 +/- 2%. Igual atención que el proceso de fabricación, nos merece el mantenimiento de las máquinas, para lo cual la empresa dispone de técnicos especialmente formados pudiendo así garantizar un servicio de asistencia rápido y profesional.

Anexo 4. Datos Técnicos OP270

Datos Técnicos OP270

La siguiente es la tabla característica del dispositivo relacionado para el desarrollo, la fuente fue obtenida de la hoja de características de la OP270 de 10,4 pulgadas de los catálogos de producto de la marca:

Datos técnicos		
Tipo	OP 270 6"	OP 270 10"
Pantalla	display de cristal líquido (LCD) tipo STN	
• Tamaño	5,7"	10,4"
• Resolución (A x A en píxeles)	320 x 240	640 x 480
• Colores	256 colores	256 colores
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	aprox. 40.000 horas	aprox. 60.000 horas
Elementos de mando	teclado de membrana	
• Teclas de función programables	24 teclas de función, 18 con LED	36 teclas de función, 28 con LED
• Teclas de sistema	36	38
• Introducción numérica/alfabética	sí / sí	
• Ratón externo, teclado, lector de códigos de barras	USB / USB / USB	
Procesador	CPU tipo RISC	
Sistema operativo	Windows CE	
Memoria		
• Tipo	flash / RAM	
• Memoria utilizable para datos de usuario	2048 Kbytes de memoria para configuración (sin memoria adicional para opciones)	
Puertos	2 x RS 232, 1 x RS 422 1 x RS 485	
• USB (Universal Serial Bus)	1 x USB	
• Slot para tarjeta CF	1 x slot tarjeta CF	
Conexión al PLC	S5, S7-200, S7-300/400, 505, WinAC, SINUMERIK, SIMOTION, Allen Bradley (DF1), Mitsubishi (FX), Telemecanique (ADJUST) ¹⁾ , Modicon (Modbus), LG GLOFA GM, otros PLCs de otros fabricantes	
Tensión de alimentación	24 V DC	
• Rango admisible	de +18 a +30 V DC	
• Intensidad nominal	0,6 A	
Pila de respaldo	opcional 3,6 V	
Reloj	reloj de hardware respaldado y sincronizado	
Grado de protección		
• Lado frontal	IP65 (en estado montado), NEMA 12, NEMA 4x, NEMA 4	
• Lado posterior	IP20	
Certificaciones	FM, UL, cULus, Zona Ex 2, Zona Ex 22, CE, C-TICK, homologación para construcción naval (p.ej. ABS, GL, NK)	
Dimensiones		
• Placa frontal (A x A en mm)	308 x 204	483 x 310
• Hueco de montaje (A x A en mm)	282 x 178	436 x 295
Peso	1 kg	6 kg

Tipo	OP 270 6"	OP 270 10"
Condiciones ambientales		
* Posición de montaje	vertical	
- Ángulo de inclinación máx. permitido sin ventilación forzada	+/- 35°	
* Temperatura		
- Servido (montaje vertical)	0 °C a +50 °C	
- Servido (ángulo de inclinación máx.)	0 °C a +35 °C	0 °C a +40 °C
- Transporte, almacenamiento	-20 °C a +60 °C	
* Máx. humedad relativa	90%	
Extensiones para mando del proceso		
* Todas directas DP(LEDS (todas/LEDS OP como periférica de E/S)	sí	sí
Periféricos	Impresora, lector de códigos de barras, ratón, teclado	
Aplicaciones/Opciones		
* con ProTool	ProAgent	
* con WinCC flexible	ProAgent, Sm@rtAccess, Sm@rtService	
Funcionalidad al configurar con ProTool		
Sistema de alarmas		
* Avisos de estado	2000	
* Avisos de fallo	2000	
* Longitud de avisos (líneas x caracteres)	1 x 70	
* Número de valores de proceso por aviso	8	
* Búfer de avisos	búfer circular, 512 entradas o/u ²⁾	
Recetas	300	
* Registros por receta	500	
* Entradas por registro	1000	
* Memoria de recetas	64 Kbytes flash integrada, ampliable	
Imágenes de proceso	300	
* Objetos textuales	10.000 elementos de texto	
* Variables por imagen	200	
* Campos por imagen	200	
* Objetos gráficos	bitmaps, iconos, imágenes de fondo, gráficos vectoriales	
* Objetos dinámicos	diagramas, barras, sliders, botones invisibles	
- Librerías	sí	
Variables	2048	
Archivo		
* N° archivos históricos por proyecto	20	
* N° puntos de medida por proyecto	20	
* N° de archivos secuenciales	40	
* Entradas por archivos	10.000	
* Tipos de archivos	archivo circular; archivo secuencial; archivo de avisos; archivo de valores de proceso	
* Lugar de memorización	tarjeta CF, Ethernet (opcional)	
* Formato de archivo de datos	CSV	
* Evaluación externa	legible p. ej. con MS Excel, MS Access etc.	
* Tamaño del archivo	dependiente de la memoria libre en la tarjeta CF o en el disco duro vía red	
* Evaluación online	mediante curvas	
Protección por contraseña (niveles)	10	
Script Visual Basic	cantidad = 50 / líneas por script = 20	
Funciones de impresión	impresión en color; copia de pantalla; avisos; informe de turno	
Idiomas online	5	
* Idiomas para proyectos	alemán, checo, chino simplificado, chino tradicional, coreano, danés, español, finlandés, francés, griego, holandés, húngaro, inglés, italiano, japonés, noruego, polaco, portugués, ruso, sueco y turco	
Fuentes	Tahoma, Arial, ideogramas libremente escalables	
Sistema de ayuda	sí	
Funciones PG (ESTADO/FORZADO)	con SIMATIC SS/S7	
Organizador de tareas	sí	

Tipo	OP 270 6"	OP 270 10"
Funcionalidad a) configurar con WinCC flexible		
Sistema de alarmas		
• Cantidad de avisos	4000	
• Avisos activados por bit	sí	
• Avisos analógicos	sí	
• Número de valores de proceso por aviso	8	
• Búfer de avisos	búfer circular, 512 entradas qtu ²⁾	
Recetas	300	
• Registros por receta	500	
• Entradas por registro	1000	
• Memoria de recetas	64 Kbytes flash integrada, ampliable	
Imágenes de proceso	500	
• Objetos textuales	10.000 elementos de texto	
• Variables por imagen	200	
• Campos por imagen	200	
• Objetos gráficos	bitmaps, iconos, imágenes de fondo, gráficos vectoriales	
• Objetos dinámicos	diagramas, barras, slider, botones invisibles	
- Librerías	sí	
Variables	2048	
Archivo		
• N° archivos históricos por proyecto	20	
• N° puntos de medida por proyecto	20	
• N° de archivos secuenciales	400	
• Entradas por archivos	500.000	
• Tipos de archivos	archivo circular; archivo secuencial; archivo de avisos; archivo de valores de proceso	
• Lugar de memorización	tarjeta CF, Ethernet (opcional)	
• Formato de archivo de datos	CSV	
• Evaluación externa	legible p. ej. con MS Excel, MS Access etc.	
• Tamaño del archivo	dependiente de la memoria libre en la tarjeta CF o en el disco duro vía red	
• Evaluación online	mediante curvas	
Gestión de usuarios (Security)		
• Cantidad de grupos de usuarios	10	
• Cantidad de usuarios	32	
• Cantidad de derechos para grupos de usuarios	variable	
Scripts Visual Basic	cantidad = 50 / líneas por script = 20	
Funciones de impresión	impresión en color; copia de pantalla; avisos; informe de turno	
Idiomas online	5	
• Idiomas para proyectos (incl. avisos del sistema)	alemán, checo, chino simplificado, chino tradicional, coreano, danés, español, finlandés, francés, griego, holandés, húngaro, inglés, italiano, japonés, noruego, polaco, portugués, ruso, sueco y turco	
Fuentes	Tahoma, Courier New, posibilidad de cargar otros 2 juegos de caracteres, diagramas libremente escalables	
Sistema de ayuda	sí	
Funciones PG (ESTADO/FORZADO)	con SIMATIC SS/ST	
Organizador de tareas	sí	
Remediación de configuración	Protest versión 6.3 superior, o WinCC flexible 2004 Standard o superior (pedir por separado)	
• Transferencia de la configuración	conexión serie MPI / PROFIBUS DP / USB / Ethernet	

2) Sin respaldo por pila.

Anexo 5. Listado de Equipos de Control y Potencia

Listado de Equipos de Control y Potencia

ITEM	DESCRIPCION	REFERENCIA	CANT.	UND
SIMATIC				
1,1	SIMATIC S7-300, CPU 315-2DP CPU WITH MPI INTERFACE INTEGRATED 24 V DC POWER SUPPLY 128 KBYTE WORKING MEMORY 2. INTERFACE DP- MASTER/SLAVE MICRO MEMORY CARD NECESSARY	6ES73152AG100AB0	1	UN
1,2	FUENTE 230/120 Vac 24 Vdc 5 A 6ES73071EA000AA0 SIMATIC S7-300, FUENTE DE CARGA	6ES73071EA000AA0	1	UN
1,3	ENTRADAS ANALÓGICAS UNIVERSALES 6ES73317KF020AB0 SIMATIC S7-300, ENTRADA ANALOG. SM 331, CON AISL. GALVANICO, 8 EA, RESOL. 9/12/14 BIT, U/I/TERMOPAR/RESISTENCIA, ALARMA, DIAGNOSTICO, 20 POLOS ENCH./DESECH C/BUS POST.ACTIVO ACT., 20 POLOS	6ES73317KF020AB0	3	UN
1,4	SIMATIC S7-300, ANALOG INPUT SM 331, OPTICALLY ISOLATED, 8 AI, 13 BIT RESOLUTION, U/I/RESISTANCE/PT100, NI100, NI1000, LG-NI1000, 66 MS MODULE UPDATE, 40 PIN	6ES73311KF010AB0	1	UN
1,5	SIMATIC S7-300, SALIDA ANALOG. SM 332, CON AISL. GALVANICO, 4 SA, U/I; DIAGNOSTICO; RESOLUCION 11/12 BIT, 20 POLOS, ENCHUF/DESECHUF CON BUS DE FONDO ACTIVO POSIBLE	6ES73325HD010AB0	3	UN

1,6	ENTRADAS DIGITALES 32x24 Vdc 6ES73211BL000AA0 SIMATIC S7-300, MODULOS DE ENTRADA DIGITAL SM 321, CON AISL. GALVANICO, 32 ED, 24V DC (1 X 32 ED), 40 POLOS	6ES73211BL000AA0	2	UN
1,7	SIMATIC S7-300, DIGITAL INPUT SM 321, OPTICALLY ISOLATED, 16DI, 24 V DC, 20 PIN	6ES73211BH020AA0	1	UN
1,8	SALIDAS DIGITALES 32x24 Vdc 6ES73221BL000AA0 SIMATIC S7- 300, SALIDA DIGITAL SM 322, CON AISL. GALVANICO, 32 SD, 24V DC, 0,5A, 40 POLOS, INTENSIDAD SUMA 8A CORRIENTE DE SALIDAS TOT. 8A	6ES73221BL000AA0	1	UN
1,9	6ES73921AM000AA0 SIMATIC S7-300, CONECTOR FRONT. 392 CON BORNES DE TORNILLO, 40 POLOS	6ES73921AM000AA0	4	UN
2,0	SIMATIC S7, MICRO MEMORY CARD P. S7-300/C7/ET 200S IM151 CPU, 3,3 V NFLASH, 128 KBYTES	6ES79538LG110AA0	1	UN
2,1	6ES79720BB500XA0 SIMATIC DP, ENCHUFE CONEXION PARA PROFIBUS HASTA 12 MBITS/S SALIDA CABLE 90 GRADOS, (AN X AL X P):16 X 72,7 X 34 MM TECNICA BORNE CUNA FAST CONNECT, CON CONEC. PG	6ES79720BB500XA0	2	UN
2,2	SIMATIC S7-300, CONECT. FRONTAL PARA MODULOS DE ENTRADA/SALIDA CON BORNES DE TORNILLO, 20 POLOS	6ES73921AJ000AA0	6	UN
2,3	SIMATIC S7-300, PERFIL SOPORTE L=530MM	6ES73901AF300AA0	2	UN
2,4	SIMATIC OP270 10" OPERATOR PANEL 10.4" STN COLOR DISPLAY 2 MB CONFIGURING MEMORY, CONFIGURABLE W. PROTOOL FROM VERS. V6.0	6AV65420CC100AX0	1	UN

2,5	OUTPUT INTERFACE TERMINAL-TYPE COUPLING RELAY 1NO, AC/DC 24V	3TX70021AB00	25	UN
2,6	CELDA RITTAL PARA PLC DE 2000X800X600 TOTALMENTE CABLEADA Y CONEXIONADA A BORNES	NA	1	GI
TABLERO DE POTENCIA				
1,1	CIRCUIT-BREAKER VL 400N STANDARD SWITCHING CAPACITY ICU= 45 KA, 415 V AC 3-POLE, SYSTEM PROTECTION OVERCURRENT RELEASE TM, LI IN= 315 A, RATED CURRENT IR= 250...315 A, OVERLOAD PROTECTION, II= 1575...3150 A, SHORT-CIRCUIT PROTECTION	3VL47311DC360AA0	1	UN
1,2	SIRIUS CUSHIONED STARTER, SIZE S2, 38 A, 18.5 KW / 400 V, AC 200...460 V, UC 110...230 V, SCREW CONNECTION	3RW30351AB14	3	UN
1,3	SIRIUS CUSHIONED STARTER, SIZE S2, 45 A, 22 KW / 400 V, AC 200...460 V, UC 110...230 V, SCREW CONNECTION	3RW30361AB14	3	UN
1,4	CONTACTOR, AC-3 3 KW/400 V, 1 NO, AC 220V 50/60HZ 3-POLE, SIZE S00, SCREW CONNECTION	3RT10151AN21	8	UN
1,5	CIRCUIT-BREAKER 22...32 A, N-RELEASE 416 A, SIZE S2, MOTOR PROTECTION CLASS 10 SCREW CONNECTION STANDARD BREAKING CAPACITY	3RV10314EA10	3	UN
1,6	CIRCUIT-BREAKER 28...40 A, N-RELEASE 520 A, SIZE S2, MOTOR PROTECTION CLASS 10 SCREW CONNECTION STANDARD BREAKING CAPACITY	3RV10314FA10	3	UN
1,7	CIRCUIT-BREAKER, 1.1...1.6 A, N-RELEASE 21 A, SIZE S00, MOTOR PROTECTION, CLASS 10, SCREW CONNECTION STANDARD BREAKING CAPACITY	3RV10111AA10	8	UN

1,8	COMPLETE UNIT ROUND ILLUMINATED PUSHBUTTON METAL 1NO + INTEGRATED LED 230V AC GREEN WITH HOLDER	3SB36530AA41	14	UN
1,9	COMPLETE UNIT , ROUND KNOB , I-O-II.MAINTAINED BLACK , 1NO , 1NO, METAL	3SB36102DA11	14	UN
2,0	COMPLETE UNIT, ROUND PUSHBUTTON WITH FLAT PUSHBUTTON RED, 1NC	3SB36030AA21	14	UN
2,1	TABLERO DE POTENCIA PARA EL MATERIAL ANTERIORMENTE DESCRITO, INCLUYE CELDA RITTAL DE 2000X800X600 TOTALMENTE CABLEADA Y CONEXIONADA	NA	1	GL

Fuente: Diseño Propio

Anexo 6. Cotización Sensores de Proceso

COTIZACIÓN No.: IPSE-050026 REV.2

Por favor hacer referencia a este número cuando ordene.

Fecha: 01/28/2005

A:

Dairy Partners Americas

Manufacturing Colombia Ltda

Transv. 18 # 96-41

Bogotá D.C.,

Colombia

Por favor enviar su Orden de Compra a:

Invensys Systems L.A. Colombia

Calle 69A No. 4 -77

Bogotá D.C.,

Colombia

Tel: +57 1 313 63 63

Fax: +57 1 255 09 45 / 85

E-mail: nelson.gutierrez@ips.invensys.com

Atn:

Ing. LISÍMACO CRUZ

Ingeniero de Proyectos

Tel: 5219000 – 2190800 Ext. 1285

Fax: 2190840

E-mail: Lisimaco.Cruz@CO.NESTLE.com

Solicitud: INSTRUMENTACIÓN CALDERA.

Términos: Dólares Americanos DDP - Bogotá, facturados a la TRM de la fecha de factura. Si en la fecha de pago la TRM excede en más de un 5% la TRM de la fecha de la factura procederemos a facturar la diferencia causada.

Pago: Neto 45 días.

Invensys Systems L.A. Colombia

Entrega: 10 semanas después de recibir su Orden de Compra.

Validez: 30 días.

Garantía: 2 años, desde que sale de la fábrica.

Ing. Nelson P. Gutiérrez B.
Account Manager

This Quotation is subject to the conditions printed on the attached form.

Item	Qty	Model	Description
1.00	1	IGP10-T22E1F-M1L1	Intel Elec Direct Conn Gauge Pressure Transmitter



PSS Reference: 2A-1C13 A-E

IGP10	FUNCTION:
	Measures Pressure And Transmits A Proportional Electrical Signal.
T	ELECTRONIC VERSION AND OUTPUT SIGNAL:
	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA
22	STRUCTURE CODE MATERIALS AND TYPE:
	316L ss Process Connection, 316L ss Diaphragm, Silicone Fill Fluid, 1/2 NPT External & 1/4 NPT Internal Thread Connection Type
E	SPAN LIMITS:
	0.70 & 21 MPa, 100 & 3000 psi, 7.0 & 210 bar or kg/cm ²
1	CONDUIT CONNECTION & HOUSING MATERIAL:
	1/2 NPT Conduit Connection, Both Sides, Aluminum Housing
F	ELECTRICAL SAFETY:
	FM Intrinsically Safe, Explosionproof, And Nonincendive
M1	OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:
	Painted Steel Mounting Bracket With Plated Steel Bolts
L1	OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:
	Digital Indicator, Internal Pushbuttons, And Window Cover
	Tags
	Tag Set 1 (Qty: 1)
	Customer Tag: PIT-BFW-01
	Customer Item: 7
	Calibrated Range: 0 - 18 bar
	Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Each Sell Net: \$627.00
Total Sell Net: \$627.00

Item	Qty	Model	Description
2.00	1	83F-T1HS2SSTJA-N	Vortex Flowmeter - Flanged



PS e: 1-8A1 D-F

83F FUNCTION:

Measures Liquid, Gas, Or Steam Flows By Monitoring The Action Of Vortices Formed In The Fluid Flow Through The Meter; Flanged End Connections.

T ELECTRONIC TYPE:

Intelligent Electronics (HART)

1H NOMINAL METER SIZE:

1.5-Inch (40 mm)

S BODY AND FLANGE MATERIAL:

Cast (316 ss) Body, Flanges And Shedder ASTM A351-CF8M

2 END CONNECTIONS:

ANSI Class 300

S SINGLE OR DUAL MANIFOLD AND ISOLATION VALVING:

Single Manifold; No Isolation Valve

S SENSOR:

Silicone Fill 0 To 400 Degrees F (-20 To 200 C) Stainless Steel

T MOUNTING FOR ELECTRONIC HOUSING:

Integral Top Mounted

J DISPLAY/OUTPUT INDICATOR:

Full Function Digital Display/Configurator

A ELECTRICAL CERTIFICATION:

CSA, Europe, FM, And SAA Testing Laboratories As Described Below: CSA, ia, ia Connection And CSA, d; Europe, KEMA, Ex n IIC, Zone 2; FM, ia, ia Connection And FM d; SAA, ib, ib Connection And SAA d

N OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:

Foxboro Calibration And Pressure Test Certification

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: FIT-BFW-03

Customer Item: 9

Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Each Sell Net: \$1,604.00

Total Sell Net: \$1,604.00

Item	Qty	Model	Description
3.00	2	IDP10-T22B01F-M1L1V	Intel Elec d/p Cell Transmitter



PSS Reference: 2A-1C14 A-C

IDP10	FUNCTION:
	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.
T	ELECTRONICS VERSION AND OUTPUT SIGNAL:
	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA
22	STRUCTURE CODE:
	316 ss Process Cover, 316L ss Sensor, Silicone Fill Fluid
B	SPAN LIMITS:
	0.87 And 50 kPa, 3.5 And 200 inH2O, 8.7 And 500 mbar
0	PROCESS CONNECTOR: (Matl Same As Process Cover)
	No Connectors, Both Covers Tapped For 1/4 NPT
1	CONDUIT CONNECTION & HOUSING MATERIAL:
	1/2 NPT Conduit Connection, Both Sides, Aluminum Housing
F	ELECTRICAL SAFETY:
	FM Intrinsically Safe, Explosionproof, And Division 2
M1	OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:
	Painted Steel Mounting Bracket With Plated Steel Bolts
L1	OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:
	Digital Indicator, Internal Pushbuttons, And Window Cover
V	OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:
	Supply Vent Screw In Side Of Each Process Cover
	Optional Features Included
	Aux Spec: BM-M4TVC 3-Valve, CS (Inst Conn Code = 0) Anderson, Greenwood 3-Valve Bypass Manifold With Cadmium-Plated Carbon Steel Body. Provides 1/2 NPT Connection On Process Side.

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: LIT-LPS-04

Customer Item: 13

Calibrated Range: 0 - 1000 mmH2O

Servicio: Nivel Domo - Vapor Saturado

Tag Set 2 (Qty: 1)

Customer Tag: LIT-BFW-22

Customer Item: 6

Calibrated Range: 0 - 2000 mmH2O

Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Each Sell Net:	\$927.00
Total Sell Net:	\$1,854.00

Item	Qty	Model	Description
4.00	1	83F-T06S2STTJA-N	Vortex Flowmeter - Flanged



nce: 1-8A1 D-F

83F	FUNCTION:	Measures Liquid, Gas, Or Steam Flows By Monitoring The Action Of Vortices Formed In The Fluid Flow Through The Meter; Flanged End Connections.
T	ELECTRONIC TYPE:	Intelligent Electronics (HART)
06	NOMINAL METER SIZE:	6-Inch (150 mm)
S	BODY AND FLANGE MATERIAL:	Fabricated (304 ss/316 ss) Tubing And Flanges And (316 ss) Shedder
2	END CONNECTIONS:	ANSI Class 300
S	SINGLE OR DUAL MANIFOLD AND ISOLATION VALVING:	Single Manifold; No Isolation Valve
T	SENSOR:	Unfilled 300 To 800 Degrees F (150 To 430 C) Stainless Steel
T	MOUNTING FOR ELECTRONIC HOUSING:	Integral Top Mounted
J	DISPLAY/OUTPUT INDICATOR:	Full Function Digital Display/Configurator
A	ELECTRICAL CERTIFICATION:	CSA, Europe, FM, And SAA Testing Laboratories As Described Below: CSA, ia, ia Connection And CSA, d; Europe, KEMA, Ex n IIC, Zone 2; FM, ia, ia Connection And FM d; SAA, ib, ib Connection And SAA d
N	OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:	Foxboro Calibration And Pressure Test Certification
	Tags	
	Tag Set 1 (Qty: 1)	
	Customer Tag:	FIT-LPS-05
	Customer Item:	14
	Servicio:	Flujo Vapor Saturado

Each Sell Net:	\$3,051.00
Total Sell Net:	\$3,051.00

Item	Qty	Model	Description
5.00	4	IDP10-T22A21F-M1L1	Intel Elec d/p Cell Transmitter



PSS Reference: 2A-1C14 A-C

IDP10 FUNCTION:

Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.

T ELECTRONICS VERSION AND OUTPUT SIGNAL:

Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA

22 STRUCTURE CODE:

316 ss Process Cover, 316L ss Sensor, Silicone Fill Fluid

A SPAN LIMITS:

0.12 And 7.5 kPa, 0.5 And 30 inH2O, 1.2 And 75 mbar

2 PROCESS CONNECTOR: (Matl Same As Process Cover)

1/2 NPT

1 CONDUIT CONNECTION & HOUSING MATERIAL:

1/2 NPT Conduit Connection, Both Sides, Aluminum Housing

F ELECTRICAL SAFETY:

FM Intrinsically Safe, Explosionproof, And Division 2

M1 OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:

Painted Steel Mounting Bracket With Plated Steel Bolts

L1 OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:

Digital Indicator, Internal Pushbuttons, And Window Cover

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: PIT-FLUEG-09

Customer Item: 24

Calibrated Range: 0 - 150 mmH2O

Servicio: Presión Gases de Combustión en el Hogar

Tag Set 2 (Qty: 1)

Customer Tag: PIT-FLUEG-10

Calibrated Range: 0 - 350 mmH2O

Servicio: Presión Aire de Combustión

Customer Item: 25

Tag Set 3 (Qty: 1)

Customer Tag: PIT-FLUEG-11

Calibrated Range: 0 - 100 mmH2O

Servicio: Presión Gases Entrada Economizador

Customer Item: 26

Tag Set 4 (Qty: 1)

Customer Tag: PIT-FLUEG-12

Calibrated Range: 0 - 50 mmH2O

Servicio: Presión Gases Salida Economizador

Customer Item: 27

Each Sell Net: \$815.00

Total Sell Net: \$3,260.00

Item	Qty	Model	Description
6.00	2	IGP10-T22D1F-M1L1	Intel Elec Direct Conn Gauge Pressure Transmitter



PSS Reference: 2A-1C13 A-E

IGP10 **FUNCTION:**

Measures Pressure And Transmits A Proportional Electrical Signal.

T **ELECTRONIC VERSION AND OUTPUT SIGNAL:**

Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA

22 **STRUCTURE CODE MATERIALS AND TYPE:**

316L ss Process Connection, 316L ss Diaphragm, Silicone Fill Fluid, 1/2 NPT External & 1/4 NPT Internal Thread Connection Type

D **SPAN LIMITS:**

0.07 & 2.1 MPa, 10 & 300 psi, 0.70 & 21 bar or kg/cm²

1 **CONDUIT CONNECTION & HOUSING MATERIAL:**

1/2 NPT Conduit Connection, Both Sides, Aluminum Housing

F **ELECTRICAL SAFETY:**

FM Intrinsically Safe, Explosionproof, And Nonincendive

M1 **OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:**

Painted Steel Mounting Bracket With Plated Steel Bolts

L1 **OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:**

Digital Indicator, Internal Pushbuttons, And Window Cover

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: PIT-FDW-23

Customer Item: 6

Calibrated Range: 0 - 2.5 bar

Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Tag Set 2 (Qty: 1)

Customer Tag: PIT-LPS-19

Customer Item: 15

Calibrated Range: 0 - 17.3 bar

Servicio: Presión Domo Vapor Caldera

Each Sell Net: \$627.00

Total Sell Net: \$1,254.00

Item	Qty	Model	Description
7.00	2	RTT20-T1SNQFD-L3M1	Intelligent I/A Series Temperature Transmitter



PSS Reference: 2A-1F4 A

RTT20FUNCTION:

Receives Input Signals From RTD's, Thermocouples, ohms Sources, And dc mV Sources, And Transmits A Linear 4-To-20 mA dc Or FoxCOM Digital Output Signal.

T OUTPUT:

4-20 mA With HART Communications

1S PACKAGE CONFIGURATION:

Epoxy Coated Aluminum Housing, No Sensor

N SENSOR LENGTH:

None

Q MEASUREMENT INPUT TYPE:

RTD, 100 ohm Platinum DIN 751 (ASTM-B Standard Accuracy)

FD ELECTRICAL CLASSIFICATION:

FM Explosionproof And Nonincendive

L3 OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:

Three Line LCD Indicator/Configurator

M1 OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:

Mounting Set

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-BFW-17

Customer Item: 10

Calibrated Range: 0 - 102 Degrees C

Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Tag Set 2 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-BFW-18

Customer Item: 12

Calibrated Range: 0 - 141 Degrees C

Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Each Sell Net: \$571.00

Total Sell Net: \$1,142.00

Item	Qty	Model	Description
7.01	2	PR50A-1C020	RTD Sensor w/Thermowell



PR50A FEATURES:

A Complete Remote Temperature Sensor Consisting Of An Industrial Grade 100 ohm DIN Platinum RTD, A Wiring Termination Head And A 316 Stainless Steel Thermowell.

1 HEAD TYPE:

Cast Aluminum, Hinged Cover

C RTD TYPE AND CONSTRUCTION:

3 Wire (Standard)

020 INSERTION LENGTH: (Thermowell "U" Length)

2 Inches (50 mm)

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-BFW-17

Customer Item: 10

Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Tag Set 2 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-BFW-18
 Customer Item: 12
 Servicio: Agua de Alimentación Caldera

Each Sell Net: \$276.00
 Total Sell Net: \$552.00

Item	Qty	Model	Description
8.00	2	RTT20-T1SNKFD-L3M1	Intelligent I/A Series Temperature Transmitter



PSS Reference: 2A-1F4 A

RTT20FUNCTION:

Receives Input Signals From RTD's, Thermocouples, ohms Sources, And dc mV Sources, And Transmits A Linear 4-To-20 mA dc Or FoxCOM Digital Output Signal.

T OUTPUT:

4-20 mA With HART Communications

IS PACKAGE CONFIGURATION:

Epoxy Coated Aluminum Housing, No Sensor

N SENSOR LENGTH:

None

K MEASUREMENT INPUT TYPE:

Thermocouple, Type K

FD ELECTRICAL CLASSIFICATION:

FM Explosionproof And Nonincendive

L3 OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:

Three Line LCD Indicator/Configurator

M1 OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:

Mounting Set

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-FLUEG-03

Customer Item: 28

Calibrated Range: 0 - 215 Degrees C

Servicio: Gases Después de Economizador

Tag Set 2 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-FLUEG-04

Customer Item: 31

Calibrated Range: 0 - 432 Degrees C

Servicio: Gases Antes de Economizador

Each Sell Net: \$571.00

Total Sell Net: \$1,142.00

Item	Qty	Model	Description
8.01	2	MT-13NKIS-020	MINOX Thermocouple Temperature Sensor
			

MT SERIES PREFIX:

Minox Thermocouple Assembly

13N CONSTRUCTION:

Single Element, Spring-Loaded Well Type With Nipple Coupler

K CALIBRATION:

Chromel-Alumel, Type K

I MEASURING JUNCTION:

Isolated, Thermocouple Wire Insulated From Sheath

S SHEATH MATERIAL:

AISI Type 316 Stainless Steel, Maximum Temperature 1600 Degrees F (870 Degrees C)

020 INSERTION DIMENSION:

20 Inches

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-FLUEG-03

Customer Item: 28

Servicio: Gases Salida de Economizador

Tag Set 2 (Qty: 1)

Customer Tag: TIT-FLUEG-04

Customer Item: 31

Servicio: Gases Entrada de Economizador

Each Sell Net: \$151.00

Total Sell Net: \$302.00

Item	Qty	Model	Description
9.00	1	873EC-AIPFGZ	Electrodeless Conductivity Analyzer



PSS Reference: 6-1C1 E

873EC **FUNCTION:**

The Analyzer, In Conjunction With The 871EC Series Sensors, Provides Precision Measurement Of The Electrolytic Conductivity Of The Process.

A **SUPPLY VOLTAGE AND FREQUENCY:**

120 V ac, 50/60 Hz

I **MEASUREMENT OUTPUT:**

4 To 20 mA, Isolated

P **ENCLOSURE:**

General Purpose (Molded Noryl) Panel Mount

FGZ **ELECTRICAL CERTIFICATION:**

Factory Mutual Certified For General Purpose Locations

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: CIT-LPS-01

Customer Item: 22

Temp Comp: Factory Default. NaCl 0-25% 25C Temp Curve

Sensor Type: 0-200 $\mu\text{S/cm}$ Lb (100 K Therm)

Servicio: Conductividad Vapor (Condensado)

Each Sell Net:	\$624.00
Total Sell Net:	\$624.00

Item	Qty	Model	Description
9.01	1	871EC-LB0	Electrodeless Conductivity Sensor



PSS Reference: 6-3C4 A

871EC FUNCTION:

Measures Conductivity Of Virtually Any Process Stream.

LB SENSOR BODY:

Standard Temperature PEEK Sensor; PEEK (Glass Filled) Body; PEEK Mounting Extension; EPDM O-Rings; Large Bore, Sensitive Range

0 METALLIC WETTED PARTS:

None

Each Sell Net: \$517.00

Total Sell Net: \$517.00

Item	Qty	Model	Description
10.00	1	83F-T02S2SSTJA-N	Vortex Flowmeter - Flanged



1 **ice: 1-8A1 D-F**

83F FUNCTION:

Measures Liquid, Gas, Or Steam Flows By Monitoring The Action Of Vortices Formed In The Fluid Flow Through The Meter; Flanged End Connections.

T ELECTRONIC TYPE:

Intelligent Electronics (HART)

02 NOMINAL METER SIZE:

2-Inch (50 mm)

S BODY AND FLANGE MATERIAL:

Cast (316 ss) Body, Flanges And Shedder ASTM A351-CF8M

2 END CONNECTIONS:

ANSI Class 300

S SINGLE OR DUAL MANIFOLD AND ISOLATION VALVING:

Single Manifold; No Isolation Valve

S SENSOR:

Silicone Fill 0 To 400 Degrees F (-20 To 200 C) Stainless Steel

T MOUNTING FOR ELECTRONIC HOUSING:

Integral Top Mounted

J DISPLAY/OUTPUT INDICATOR:

Full Function Digital Display/Configurator

A ELECTRICAL CERTIFICATION:

CSA, Europe, FM, And SAA Testing Laboratories As Described Below: CSA, ia, ia Connection And CSA, d; Europe, KEMA, Ex n IIC, Zone 2; FM, ia, ia Connection And

FM d; SAA, ib, ib Connection And SAA d
N **OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:**
Foxboro Calibration And Pressure Test Certification

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: FIT-FDW-24

Customer Item: 2

Servicio: Agua de Make-Up al Desaireador

Each Sell Net: \$1,621.00

Total Sell Net: \$1,621.00

Item	Qty	Model	Description
11.00	1	IDP10-T22A21F-L1	Intel Elec d/p Cell Transmitter



PSS Reference: 2A-1C14 A-C

IDP10 FUNCTION:

Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.

T **ELECTRONICS VERSION AND OUTPUT SIGNAL:**

Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA

22 **STRUCTURE CODE:**

316 ss Process Cover, 316L ss Sensor, Silicone Fill Fluid

A **SPAN LIMITS:**

0.12 And 7.5 kPa, 0.5 And 30 inH₂O, 1.2 And 75 mbar

2 **PROCESS CONNECTOR: (Matl Same As Process Cover)**

1/2 NPT

1 **CONDUIT CONNECTION & HOUSING MATERIAL:**

1/2 NPT Conduit Connection, Both Sides, Aluminum Housing

F **ELECTRICAL SAFETY:**

FM Intrinsically Safe, Explosionproof, And Division 2

L1 **OPTIONAL MODEL SUFFIX(ES) INCLUDED:**

Digital Indicator, Internal Pushbuttons, And Window Cover

Tags

Tag Set 1 (Qty: 1)

Customer Tag: FIT-CA-01

Customer Item: 30

Calibrated Range: -5 - 5 inH₂O

Servicio: Aire de Combustión

Each Sell Net: \$796.00

Total Sell Net: \$796.00

NOTA:

- El Transmisor de Presión del Item 11 de nuestra Oferta censa Presión Diferencial a través de la Caldera, de esta forma se puede inferir el Flujo de Medición de Aire.

SUBTOTAL U\$:	\$ 18,346.00
I.V.A. 16% U\$:	<u>\$ 2,935.36</u>
TOTAL DDP – BOGOTÁ U\$:	\$ 21,281.36

Anexo 7. Redes de Comunicaciones

Redes de Comunicaciones

- **Profibus RS485**

Historia y evolución

La base del especificación del estándar Profibus fue un proyecto de investigación (1987-1990) llevado a cabo por los siguientes participantes: ABB, AEG, Bosch, Honeywell, Moeller, Landis & Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus, Schleicher, Siemens y cinco institutos alemanes de investigación. Hubo además una pequeña esponsorización por parte del gobierno alemán. El resultado de este proyecto fue el primer borrador de la norma DIN 19245, el estándar Profibus, partes 1 y 2. La parte 3, Profibus-DP, se definió en 1993. Recientes estudios de mercado llevados a cabo por empresas ajenas a la Organización de Usuarios de Profibus señalan a éste como el bus con más futuro en el campo de los procesos industriales.

- **CAN Bus**

- Definición CAN (Controller Area Network)
- Principales características de CAN
- Protocolo de comunicaciones CAN

- **CAN**

CAN se basa en el modelo productor/consumidor, el cual es un concepto, o paradigma de comunicaciones de datos, que describe una relación entre un productor y uno o más consumidores. CAN es un protocolo orientado a mensajes, es decir la información que se va a intercambiar se descompone en mensajes, a

los cuales se les asigna un identificador y se encapsulan en tramas para su transmisión. Cada mensaje tiene un identificador único dentro de la red, con el cual los nodos deciden aceptar o no dicho mensaje.

○ **Principales características de CAN**

Dentro de sus principales características se encuentran:

- Prioridad de mensajes.
- Garantía de tiempos de latencia.
- Flexibilidad en la configuración.
- Recepción por multidifusión (*multicast*) con sincronización de tiempos.
- Sistema robusto en cuanto a consistencia de datos.
- Sistema multimaestro.
- Detección y señalización de errores.
- Retransmisión automática de tramas erróneas
- Distinción entre errores temporales y fallas permanentes de los nodos de la red, y desconexión autónoma de nodos defectuosos.

CAN fue desarrollado, inicialmente para aplicaciones en los automóviles y por lo tanto la plataforma del protocolo es resultado de las necesidades existentes en el área de la automoción. La Organización Internacional para la Estandarización (ISO, *International Organization for Standardization*) define dos tipos de redes CAN: una red de alta velocidad (hasta 1 Mbps), bajo el estándar ISO 11898-2, destinada para controlar el motor e interconectar la unidades de control electrónico (ECU); y una red de baja velocidad tolerante a fallos (menor o igual a 125 Kbps), bajo el estándar ISO 11519-2/ISO 11898-3, dedicada a la comunicación de los dispositivos electrónicos internos de un automóvil como son control de puertas, techo corredizo, luces y asientos.

○ **Protocolo de comunicaciones CAN**

CAN es un protocolo de comunicaciones serie que soporta control distribuido en tiempo real con un alto nivel de seguridad y multiplexación.

El establecimiento de una red CAN para interconectar los dispositivos electrónicos internos de un vehículo tiene la finalidad de sustituir o eliminar el cableado. Las ECUs, sensores, sistemas antideslizantes, etc. se conectan mediante una red CAN a velocidades de transferencia de datos de hasta 1 Mbps.

De acuerdo al modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*), la arquitectura de protocolos CAN incluye tres capas: física, de enlace de datos y aplicación, además de una capa especial para gestión y control del nodo llamada capa de supervisor.

- Capa física: define los aspectos del medio físico para la transmisión de datos entre nodos de una red CAN, los más importantes son niveles de señal, representación, sincronización y tiempos en los que los bits se transfieren al bus. La especificación del protocolo CAN no define una capa física, sin embargo, los estándares ISO 11898 establecen las características que deben cumplir las aplicaciones para la transferencia en alta y baja velocidad.
- Capa de enlace de datos: define las tareas independientes del método de acceso al medio, además debido a que una red CAN brinda soporte para procesamiento en tiempo real a todos los sistemas que la integran, el intercambio de mensajes que demanda dicho procesamiento requiere de un sistema de transmisión a frecuencias altas y retrasos mínimos. En redes multimaestro, la técnica de acceso al medio es muy importante ya que todo nodo activo tiene los derechos para controlar la red y acaparar los recursos. Por lo tanto la capa de enlace de datos define el método de acceso al medio así como los tipos de tramas para el envío de mensajes.

Cuando un nodo necesita enviar información a través de una red CAN, puede ocurrir que varios nodos intenten transmitir simultáneamente. CAN resuelve lo anterior al asignar prioridades mediante el identificador de cada mensaje, donde dicha asignación se realiza durante el diseño del sistema en forma de números binarios y no puede modificarse dinámicamente. El identificador con el menor número binario es el que tiene mayor prioridad.

El método de acceso al medio utilizado es el de Acceso Múltiple por Detección de Portadora, con Detección de Colisiones y Arbitraje por Prioridad de Mensaje (CSMA/CD+AMP, *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration Message Priority*). De acuerdo con este método, los nodos en la red que necesitan transmitir información deben esperar a que el bus esté libre (detección de portadora); cuando se cumple esta condición, dichos nodos transmiten un bit de inicio (acceso múltiple). Cada nodo lee el bus bit a bit durante la transmisión de la trama y comparan el valor transmitido con el valor recibido; mientras los valores sean idénticos, el nodo continúa con la transmisión; si se detecta una diferencia en los valores de los bits, se lleva a cabo el mecanismo de arbitraje.

CAN establece dos formatos de tramas de datos (*data frame*) que difieren en la longitud del campo del identificador, las tramas estándares (*standard frame*) con un identificador de 11 bits definidas en la especificación CAN 2.0A, y las tramas extendidas (*extended frame*) con un identificador de 29 bits definidas en la especificación CAN 2.0B.

Para la transmisión y control de mensajes CAN, se definen cuatro tipos de tramas: de datos, remota (*remote frame*), de error (*error frame*) y de sobrecarga (*overload frame*). Las tramas remotas también se establecen en ambos formatos, estándar y extendido, y tanto las tramas de datos como las remotas se separan de tramas precedentes mediante espacios entre tramas (*interframe space*).

En cuanto a la detección y manejo de errores, un controlador CAN cuenta con la capacidad de detectar y manejar los errores que surjan en una red. Todo error detectado por un nodo, se notifica inmediatamente al resto de los nodos.

- Capa de supervisor: La sustitución del cableado convencional por un sistema de bus serie presenta el problema de que un nodo defectuoso puede bloquear el funcionamiento del sistema completo. Cada nodo activo transmite una bandera de error cuando detecta algún tipo de error y puede ocasionar que un nodo defectuoso pueda acaparar el medio físico. Para eliminar este riesgo el protocolo CAN define un mecanismo autónomo para detectar y desconectar un nodo defectuoso del bus, dicho mecanismo se conoce como aislamiento de fallos.
- Capa de aplicación: Existen diferentes estándares que definen la capa de aplicación; algunos son muy específicos y están relacionados con sus campos de aplicación. Entre las capas de aplicación más utilizadas cabe mencionar CAL, CANopen, DeviceNet, SDS (*Smart Distributed System*), OSEK, CANKingdom.

Anexo 8. Instrumentación y Válvulas

Instrumentación y Válvulas suministro DPA									
TAG	TYPE ELEMENT	MARK	DESCRIPTION	SERVICE	SUPPLY VOLTAGE	ANALOG/DIGITAL SIGNAL	TYPE SIGNAL	SUPPLY PRESSURE	Air Consumption
PIT-BFW-01	Intel Elec Direct Conn Gauge Pressure Transmitter	FOXBORO	Measures Pressure And Transmits A Proportional Electrical Signal.	Trasnsmisor de presión sobre la línea de alimentación de agua alimentación caldera	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		
FIT-BFW-03	Flow Rate Indicator	FOXBORO	Measures Liquid, Gas, Or Steam Flows By Monitoring The Action Of Vortices Formed In The Fluid Flow Through The Meter; Flanged End Connections.	Transmisor de flujo línea agua de alimentación caldera	12,5 to 42 Vdc	Intelligent Electronics (HART)	Output		
LIT-LPS-04	Intel Elec d/p Cell Transmitter	FOXBORO	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.	Trasnsmisor de Nivel para el Domo superior - Vapor Saturado	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		

LIT-BFW-22	Intel Elec d/p Cell Transmitter	FOXBORO	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.	Transmisor de nivel en el DESAIREAD OR - Agua de Alimentación Caldera	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		
FIT-LPS-05	Vortex Flowmeter - Flanged	FOXBORO	Measures Liquid, Gas, Or Steam Flows By Monitoring The Action Of Vortices Formed In The Fluid Flow Through The Meter; Flanged End Connections.	Trasnmisor de flujo Línea salida de Vapor Saturado de la caldera	12,5 to 42 Vdc	Intelligent Electronics (HART)	Output		
PIT-FLUEG-09	Intel Elec d/p Cell Transmitter	FOXBORO	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.	Transmisor de Presión Gases de Combustión en el Hogar de la Caldera	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		
PIT-FLUEG-10	Intel Elec d/p Cell Transmitter	FOXBORO	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.	Transmisor de Presión Aire de Combustión	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		

PIT-FLUEG-11	Intel Elec d/p Cell Transmitter	FOXBORO	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.	Transmisor de Presión Gases Salida Caldera - Entrada Economizad or	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		
PIT-FLUEG-12	Intel Elec d/p Cell Transmitter	FOXBORO	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.	Transmisor de Presión Gases Salida Economizad or	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		
PIT-FDW-23	Intel Elec Direct Conn Gauge Pressure Transmitter	FOXBORO	Measures Pressure And Transmits A Proportional Electrical Signal.	Transmisor de presión para el DESAIREAD OR -Agua de Alimentación Caldera	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		
PIT-LPS-19	Intel Elec Direct Conn Gauge Pressure Transmitter	FOXBORO	Measures Pressure And Transmits A Proportional Electrical Signal.	Transmisor de Presión en el Domo Vapor Caldera	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		

TIT-BFW-17	Intelligent I/A Series Temperature Transmitter	FOXBORO	Receives Input Signals From RTD's, Thermocouples, ohms Sources, And dc mV Sources, And Transmits A Linear 4-To-20 mA dc Or FoxCOM Digital Output Signal.	Temperatura Agua de Alimentación Caldera a la entrada del economizador	12 to 42 Vdc	4-20 mA With HART Communications	Output		
TIT-BFW-18	Intelligent I/A Series Temperature Transmitter	FOXBORO	Receives Input Signals From RTD's, Thermocouples, ohms Sources, And dc mV Sources, And Transmits A Linear 4-To-20 mA dc Or FoxCOM Digital Output Signal.	Temperatura Agua de Alimentación Caldera a la salida del economizador	12 to 42 Vdc	4-20 mA With HART Communications	Output		
TIT-FLUEG-03	Intelligent I/A Series Temperature Transmitter	FOXBORO	Receives Input Signals From RTD's, Thermocouples, ohms Sources, And dc mV Sources, And Transmits A Linear 4-To-20 mA dc Or FoxCOM Digital Output Signal.	Temperatura de los Gases Después de Economizador	12 to 42 Vdc	4-20 mA With HART Communications	Output		

TIT-FLUEG-04	Intelligent I/A Series Temperature Transmitter	FOXBORO	Receives Input Signals From RTD's, Thermocouples, ohms Sources, And dc mV Sources, And Transmits A Linear 4-To-20 mA dc Or FoxCOM Digital Output Signal.	Temperatura de los Gases Antes de Economizador	12 to 42 Vdc	4-20 mA With HART Communications	Output		
CIT-LPS-01	Electrodeless Conductivity Analyzer	FOXBORO	The Analyzer, In Conjunction With The 871EC Series Sensors, Provides Precision Measurement Of The Electrolytic Conductivity Of The Process.	Sensor de Conductividad Vapor (Condensado) en la línea de purga continua.	24, 100, 120, 220 or 240 V ac , 50/60 Hz	4 To 20 mA, Isolated	Output		
FIT-FDW-24	Vortex Flowmeter - Flanged	FOXBORO	Measures Liquid, Gas, Or Steam Flows By Monitoring The Action Of Vortices Formed In The Fluid Flow Through The Meter; Flanged End Connections.	Agua de Make-Up al Desaireador	12,5 to 42 Vdc	Intelligent Electronics (HART)	Output		

FIT-CA-01	Intel Elec d/p Cell Transmitter	FOXBORO	Measures The Difference Between Two Pressures And Transmits A Proportional Or Square Root (Flow) Electrical Signal.	Transmisor de flujo de Aire de Combustión	11,5 to 42 Vdc	Intelligent; Digital HART & 4 To 20 mA	Output		
LV-COND-20	Baumann. Positioner Type: DVC6010, AC Autocal.	FISHER	2 Inch 24000C;Size 32 Sq. In. Sliding Stem. Act;Type DVC6010; Position Transmitter; MTG18CX10T1	Condensado s del evaporador	24, 30 (MAX) Vdc	Analog 4-20 mA dc/Hart	Input	0.3 bar (5 psi). 10 bar (145 psig)	Standard Relay: At 1.4 bar (20 psig) supply pressure: Less than 0.38 normal m3/hr (14 scfh) At 5.5 bar (80 psig) supply pressure: Less than 1.3 normal m3/hr (49 scfh)
LV-FDW-21	Baumann. Positioner Type: DVC6010, AC Autocal	FISHER	2 Inch 24000C;Size 32 Sq. In. Sliding Stem. Act;Type DVC6010; Position Transmitter; MTG18CX10T1	Agua de Make-up al desaireador	24, 30 (MAX) Vdc	Analog 4-20 mA dc/Hart	Input	0.3 bar (5 psi). 10 bar (145 psig)	Standard Relay: At 1.4 bar (20 psig) supply pressure: Less than 0.38 normal m3/hr (14 scfh) At 5.5 bar (80 psig) supply pressure: Less than 1.3 normal m3/hr

									(49 scfh)
PV-FDW-10	Ball. Positioner Type: DVC6020, AC Autocal	FISHER	3 Inch V300 Rotary Valve; Size 33 1052; Type DVC6020; Type 4200; 4200 Mtg	VAPOR SATURADO 13.1 BARG	24, 30 (MAX) Vdc	Analog 4-20 mA dc/Hart	Input	0.3 bar (5 psi). 10 bar (145 psig)	Standard Relay: At 1.4 bar (20 psig) supply pressure: Less than 0.38 normal m3/hr (14 scfh) At 5.5 bar (80 psig) supply pressure: Less than 1.3 normal m3/hr (49 scfh)
TV-BFW-18	Butterfly. Positioner Type: DVC2000 Tx Posición, AC Autocal	FISHER	2" 25000 Butterfly Valve, 3 way, Diverting; 54R Actuator; DVC6030, Fieldvue; Limit switch.	Agua de alimentación caldera	30, 30 (MAX) Vdc	Analog 4-20 mA dc/Hart	Input	0,5 bar (7 psig). Maximum 7 bar (101 psig)	Supply pressure: At 1.5 bar (22 psig)(3): 0.06 normal m3/h (2.3 scfh) At 4 bar (58 psig)(4): 0.12 normal m3/h (4.4 scfh)

PUMP-BFW-01	Moto Bomba Centrifuga Multietapa	STERLING	Potencia Motor 25 HP; 3500 rpm; Q=18,8m3/h; Altura dinámica total: 218,8 psi; NPSH 2,2m; Número de Etapas: 4	Agua de alimentación caldera 1 (nueva) Acuotubular	220-440V/3/60Hz Arranque estrella triangulo				
PUMP-BFW-02	Moto Bomba Centrifuga Multietapa	STERLING	Potencia Motor 25 HP; 3500 rpm; Q=18,8m3/h; Altura dinámica total: 218,8 psi; NPSH 2,2m; Número de Etapas: 4	Back Up alimentación caldera 1 y 4	220-440V/3/60Hz Arranque estrella triangulo				
PUMP-BFW-03	Moto Bomba Centrifuga Multietapa	STERLING	Potencia Motor 25 HP; 3500 rpm; Q=18,8m3/h; Altura dinámica total: 218,8 psi; NPSH 2,2m; Número de Etapas: 4	Agua de alimentación caldera 4 pirotubular	220-440V/3/60Hz Arranque estrella triangulo				
PUMP-BFW-04	Moto Bomba Centrifuga Multietapa	STERLING	Potencia Motor 30 HP; 3500 rpm; Q=10,5m3/h; Altura dinámica total: 321,0 psi; NPSH 1,7m; Número de Etapas: 5	Agua de alimentación caldera 2 Pirotubular	220-440V/3/60Hz Arranque estrella triangulo				

PUMP-BFW-05	Moto Bomba Centrifuga Multietapa	STERLING	Potencia Motor 30 HP; 3500 rpm; Q=10,5m3/h; Altura dinámica total: 321,0 psi; NPSH 1,7m; Número de Etapas: 5	Back Up alimentación caldera 1 y 4	220-440V/3/60Hz Arranque estrella triangulo				
PUMP-BFW-06	Moto Bomba Centrifuga Multietapa	STERLING	Potencia Motor 30 HP; 3500 rpm; Q=10,5m3/h; Altura dinámica total: 321,0 psi; NPSH 1,7m; Número de Etapas: 5	Agua de alimentación caldera 3 pirotubular	220-440V/3/60Hz Arranque estrella triangulo				
	Motor Soplador Hollín 1								
	Motor Soplador Hollín 2								
	Motor Soplador Hollín 3								
	Motor Soplador Hollín 4								
Instrumentación y Válvulas suministro COLMAQUINAS									
TAG	TYPE ELEMENT	MARK	DESCRIPTION	SERVICE	SUPPLY VOLTAGE	ANALOG/DIGITAL SIGNAL	TYPE SIGNAL	SUPPLY PRESSURE	Air Consumption

FV-BFW-02	Válvula de control para alimentación de agua a la caldera								
CV-BLDN-08	Válvula de control para la purga continua								
Instrumentación y Válvulas suministro OERTLY									
TAG	TYPE ELEMENT	MARK	DESCRIPTION	SERVICE	SUPPLY VOLTAGE	ANALOG/DIGITAL SIGNAL	TYPE SIGNAL	SUPPLY PRESSURE	Air Consumption
	Lambda Transmitter LT2 & Lambda Probe LS2	Lamtec	Universal O2 measuring Instrument. LS 2 Lambda probe, 650 R 1000 with gas extraction device (MEV) type 655 R 1001 - R 1003 and probe installation fitting (SEA) type 655 R 1010		230 V AC and 115 V AC +10% / - 15%, 48 Hz ... 62 Hz	Optional 1...4 via mini plug-in card to LT 2 supply section electronics	Analaogue inputs		
						- Analogue input card LT1/LT2 Potentiometer 1...5 k Type 6 57 R 6000	Analaogue inputs		
						- Analogue input card 0/4 ... 20 mA Type 6 63 R 6001	Analaogue inputs		

						- Analogue input card 0/4 ... 20 mA with 24 VDC supply to transducer Type 6 57 R 6002	Analaogue inputs		
						- Temperature input for PT 100 sensor 657 R 0890	Analaogue inputs		
						Monitor output: 0...2.55 V DC, load > 10 k Ohm<= 100 nF	Analaogue outputs		
						1...4 current/voltageoutputs: - DC current 0/4...20 mA. Load 0...600 Ohm	Analaogue outputs		
						1 standard 2...4 optional: - DC voltage 0...10 V. Load <=10 kOhm	Analaogue outputs		
	FMS Combustion Management System	Lamtec			230V + 10% - 15% 50/60 Hz. Power input: approx. 34 VA	16 Digital inputs	Input		
						8-16 Digital outputs	Output		
						1-5 Analog outputs	Output		
						12 Analog inputs	Input		

	Flame Moniytoring System F 250	Lamtec			Mains voltage: 230 V AC -15 % +10 % when using the FN 01 power pack. Mains frequency 45...55 Hz. Power input 10 VA. Direct current voltage 24 V DC +20 % - 15 %. Power input 8.5 W				
FV-04	Válvula de control para alimentación del combustible FO2								
FV-03	Válvula de control para alimentación del combustible Gas Natural								

PDV-01	Válvula de control para alimentación de Vapor para atomización.								
	Motor del ventilador para Quemador MSE 42		Motor Output 37 kW			3 Digitales	Input		
						1 Digital	Output		
	Bomba de químicos1					3 Digitales	Input		
						1 Digital	Output		
	Bomba de químicos 2					3 Digitales	Input		
						1 Digital	Output		

Anexo 9. Especificaciones técnicas finales Caldera Acuotubular

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CALDERA PARA GENERAR 15 TONELADAS / HORA DE VAPOR SATURADO

CLIENTE: DPA COLOMBIA LTDA.

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A, construyó para DPA COLOMBA LTDA, una caldera para generar vapor saturado, con las características que se indican en la presente especificación técnica, las cuales se detallan a continuación.

Una (1) unidad de dos (2) tambores, Tipo D, soportada por la base, para operar bajo cubierta y con las siguientes características:

PARAMETROS	UNDADES	OPERACIÓN ACTUAL	OPERACIÓN FUTURA
Generación de Vapor Saturado	kg/Hr	15000	15000
Presión del Vapor Saturado- Diseño	Bar(g)	17.23	17.23
Presión del Vapor Saturado- Operación	Bar(g)	13.10	13.10
Temperatura del Vapor Saturado	°C	195	195
Temp.Alimentación de Agua	°C	100	121
Combustible Principal	Gas Natural		
Combustible Alterno	Aceite Liviano (FO2) (ACPM)		

COMPORTAMIENTO ESPERADO “ACTUAL” – CON GAS NATURAL

Combustible		GAS NAT	GAS NAT	GAS NAT
Carga	%	100	75	50
Generación vapor saturado	Kg/Hr	15000	11250	7500
Presión operación	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp.vapor saturado	°C	195	195	195
Presión Domo de Vapor	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp agua entrando	°C	100	100	100
Economizador				
Temp agua saliendo	°C	141	136	133
Economizador				
Flujo de combustible	Kg/Hr	799	596	399
Exceso de aire	%	10	10	15
Flujo gases combustión	Kg/Hr	15751	11767	8204
Flujo aire combustión	Kg/Hr	14952	11171	7805
Liberación volumétrica hogar	Kj/m3	2137622	1597022	1067339
Liberación superficial hogar	Kj/m2	930165	692914	460285
Temperaturas gases				
Gases saliendo generador	°C	302	273	246
Gases saliendo Economizador	°C	150	136	124
Caidas se presión				
Ductos aire	mm H2O	13	7	3
Quemador	mm H2O	152	85	42
Generador vapor	mm H2O	24	13	6
Economizador	mm H2O	34	19	9
Ductos gas	mm H2O	25	14	7
Total	mm H2O	248	138	67
Características ambientales				
Aire ambiente	°C	27		
Humedad relativa promedio	%	80		
Elevación sobre el nivel mar	m	169		

COMPORTAMIENTO ESPERADO “ACTUAL” – CON GAS NATURAL

Análisis de pérdidas por calor		GAS NAT	GAS NAT	GAS NAT
Combustible				
Generación vapor	Kg/Hr	15000	11250	7500
Gas Seco	%	3,98	3,52	3,29
Agua formada	%	10,79	10,67	10,58
Humedad del aire	%	0,14	0,13	0,12
Radiación	%	0,80	1,06	1,60
Margen de Manufactura	%	1,00	1,00	1,00
Pérdidas totales	%	16,71	16,38	16,59
Eficiencia (Alto Poder Calorífico)	%	83,29	83,62	83,41

Análisis de Combustible		GAS NAT
	%	Volumen
N2	%	1,619
CO2	%	0,041
CH4	%	97,973
C2H6	%	0,272
C3H8	%	0,052
C4H10	%	0,023
C5H12	%	0,007
C6H14	%	0,013
TOTAL	%	100,000
Alto poder calorífico	Kj/Kg	53902
Alto poder calorífico	Kj/Nm3	37112

COMPORTAMIENTO ESPERADO "ACTUAL" - CON ACEITE LIVIANO (FO2) (ACPM)

Combustible		ACPM	ACPM	ACPM
Carga	%	100	75	50
Generación vapor saturado	Kg/Hr	15000	11250	7500
Presión operación	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp.vapor saturado	°C	195	195	195
Presión Domo de Vapor	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp agua entrando	°C	100	100	100
Economizador				
Temp agua saliendo	°C	146	140	137
Economizador				
Flujo de combustible	Kg/Hr	941	702	469
Exceso de aire	%	15	15	20
Flujo gases combustión	Kg/Hr	16950	12644	8789
Flujo aire combustión	Kg/Hr	16009	11942	8320
Liberación volumétrica hogar	Kj/m3	2032073	1515802	1012124
Liberación superficial hogar	Kj/m2	941010	699955	464623
Temperaturas gases				
Gases saliendo generador	°C	320	285	255
Gases saliendo Economizador	°C	157	140	127
Caidas se presión				
Ductos aire	mm H2O	13	7	3
Quemador	mm H2O	162	90	44
Generador vapor	mm H2O	24	13	6
Economizador	mm H2O	39	22	10
Ductos gas	mm H2O	25	14	7
Total	mm H2O	263	146	71
Características ambientales				
Aire ambiente	°C	27		
Humedad relativa promedio	%	80		
Elevación sobre el nivel mar	m	169		

COMPORTAMIENTO ESPERADO “ACTUAL” - CON ACEITE LIVIANO (FO2) (ACPM)

Análisis de pérdidas por calor

Combustible		ACPM	ACPM	ACPM
Generación vapor	Kg/Hr	15000	11250	7500
Gas Seco	%	4,83	4,20	3,88
Agua formada	%	7,51	7,44	7,36
Humedad del aire	%	0,17	0,14	0,13
Radiación	%	0,80	1,06	1,60
Margen de Manufactura	%	1,00	1,00	1,00
Pérdidas totales	%	14,31	13,84	13,97
Eficiencia (Alto Poder Calorífico)	%	85,69	86,16	86,03

Análisis de Combustible

		ACPM
	%	Peso
C	%	84,80
H2	%	13,94
O2	%	0,48
N2	%	0,32
S	%	0,45
Ceniza		0,01
	%	100,00
Alto poder calorífico	Kj/Kg	44471

COMPORTAMIENTO ESPERADO “FUTURO” – CON GAS NATURAL

Combustible		GAS NAT	GAS NAT	GAS NAT
Carga	%	100	75	50
Generación vapor saturado	Kg/Hr	15000	11250	7500
Presión operación	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp.vapor saturado	°C	195	195	195
Presión Domo de Vapor	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp agua entrando	°C	121	121	121
Economizador				
Temp agua saliendo	°C	156	152	148
Economizador				
Flujo de combustible	Kg/Hr	772	577	386
Exceso de aire	%	10	10	15
Flujo gases combustión	Kg/Hr	15235	11393	7952
Flujo aire combustión	Kg/Hr	14463	10815	7566
Liberación volumétrica hogar	Kj/m3	2067653	1546167	1034553
Liberación superficial hogar	Kj/m2	899629	670701	446044
Temperaturas gases				
Gases saliendo generador	°C	298	271	245
Gases saliendo Economizador	°C	163	151	141
Caídas de presión				
Ductos aire	mm H2O	13	7	3
Quemador	mm H2O	152	85	42
Generador vapor	mm H2O	22	12	6
Economizador	mm H2O	32	18	9
Ductos gas	mm H2O	25	14	7
Total	mm H2O	245	136	67
Características ambientales				
Aire ambiente	°C	27		
Humedad relativa promedio	%	80		
Elevación sobre el nivel mar	m	169		

COMPORTAMIENTO ESPERADO “FUTURO” – CON GAS NATURAL

Análisis de pérdidas por calor

Combustible		GAS NAT	GAS NAT	GAS NAT
Generación vapor	Kg/Hr	15000	11250	7500
Gas Seco	%	4,41	4,01	3,85
Agua formada	%	10,89	10,80	10,72
Humedad del aire	%	0,16	0,14	0,14
Radiación	%	0,81	1,08	1,62
Margen de Manufactura	%	1,00	1,00	1,00
Pérdidas totales	%	17,27	17,03	17,33
Eficiencia (Alto Poder Calorífico)	%	82,73	82,97	82,67

Análisis de Combustible

		GAS NAT
	%	Volumen
N2	%	1,619
CO2	%	0,041
CH4	%	97,973
C2H6	%	0,272
C3H8	%	0,052
C4H10	%	0,023
C5H12		0,007
C6H14		0,013
TOTAL	%	100,000
Alto poder calorífico	Kj/Kg	53902
Alto poder calorífico	Kj/Nm3	37112

COMPORTAMIENTO ESPERADO “FUTURO” – CON ACEITE LIVIANO (FO2) (ACPM)

Combustible		ACPM	ACPM	ACPM
Carga	%	100	75	50
Generación vapor saturado	Kg/Hr	15000	11250	7500
Presión operación	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp.vapor saturado	°C	195	195	195
Presión Domo de Vapor	Bar(g)	13,10	13,10	13,10
Temp agua entrando	°C	121	121	121
Economizador				
Temp agua saliendo	°C	160	155	151
Economizador				
Flujo de combustible	Kg/Hr	910	679	454
Exceso de aire	%	15	15	20
Flujo gases combustión	Kg/Hr	16395	12242	8519
Flujo aire combustión	Kg/Hr	15486	11563	8065
Liberación volumétrica hogar	Kj/m3	2009830	1500676	1003145
Liberación superficial hogar	Kj/m2	903978	673007	447248
Temperaturas gases				
Gases saliendo generador	°C	314	282	253
Gases saliendo Economizador	°C	169	154	143
Caídas de presión				
Ductos aire	mm H2O	13	7	3
Quemador	mm H2O	162	90	44
Generador vapor	mm H2O	24	13	6
Economizador	mm H2O	37	21	991
Ductos gas	mm H2O	25	14	7
Total	mm H2O	261	145	1051
Características ambientales				
Aire ambiente	°C	27		
Humedad relativa promedio	%	80		
Elevación sobre el nivel mar	m	169		

**COMPORTAMIENTO ESPERADO “FUTURO” – CON ACEITE LIVIANO (FO2)
(ACPM)**

Análisis de pérdidas por calor

Combustible		ACPM	ACPM	ACPM
Generación vapor	Kg/Hr	15000	11250	7500
Gas Seco	%	5,31	4,76	4,51
Agua formada	%	7,59	7,51	7,46
Humedad del aire	%	0,18	0,16	0,15
Radiación	%	0,81	1,08	1,62
Margen de Manufactura	%	1,00	1,00	1,00
Pérdidas totales	%	14,89	14,51	14,74
Eficiencia (Alto Poder Calorífico)	%	85,11	85,49	85,26

Análisis de Combustible

		ACPM
	%	Peso
C	%	84,80
H2	%	13,94
O2	%	0,48
N2	%	0,32
S	%	0,45
Ceniza		0,01
	%	100,00
Alto poder calorífico	Kj/Kg	44471

GARANTÍAS

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A. da las garantías que se citan enseguida, sujetas a las condiciones aquí especificadas y según las hojas de Resumen de Comportamiento.

COMPORTAMIENTO A CARGA NORMAL CON ECONOMIZADOR

Cuando la unidad se opera a 15000 Kg/Hr de vapor y quemando Gas Natural según se especifica en la hoja de Resumen de comportamiento No. 3 y con agua de alimentación a 100 °C.

- 1) La eficiencia global de la unidad no será inferior a:

Eficiencia Base Alto Poder Calorifico 83.29%
- 2) La temperatura promedio del vapor será 195°C a 13,10 Bar(g)
- 3) El promedio de sólidos totales en el vapor a la salida del tambor de vapor de la caldera no excederá 3 p.p.m.

1. NORMAS DE DISEÑO

Los materiales y el trabajo de todas las partes de presión están en estricto acuerdo con las últimas ediciones del Código ASME y los requisitos de "The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company", bajo cuya inspección estas se construyen.

PRESIÓN DE DISEÑO

La unidad generadora de vapor aquí descrita se ha construido para una presión máxima de diseño del tambor de 17,23 Bar(g)

PRUEBA HIDROSTÁTICA EN FABRICA

En la fábrica antes de poner el cierre exterior, se probaron todas las partes de presión, con agua a una presión mayor en un 50% a la máxima de diseño del tambor citada en el párrafo anterior.

INFORMES DE FABRICACIÓN Y CERTIFICADO DE INSPECCIÓN

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A. entregará dos copias de los informes normales de fabricación en la planta, que cubren las partes de presión. También se entregarán dos copias del certificado de Inspección practicado por un Inspector de "The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company" durante la fabricación del equipo en la planta. Tanto los informes de fabricación como los Certificados de Inspección en Planta, darán fe de que todas las partes de presión se han construido estrictamente de acuerdo con las últimas reglamentaciones del Código ASME para la fabricación de calderas y de que la inspección de los materiales y el trabajo se ha hecho por un Inspector de "The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company", según prácticas aprobadas de construcción de calderas y los requisitos del código ASME.

SUPERFICIES DE CALEFACCIÓN

La unidad se construyó con las siguientes superficies nominales de calefacción:

Superficies de convección de la caldera	174.1 m ²
Economizador	173.0 m ²
Volumen total del hogar	20.13 m ³
Superficie total hogar(Efectiva de Radiación)	41.34 m ²
Profundidad del hogar	4.88 m
Ancho del hogar	1.83 m

La superficie de calefacción de la caldera y las paredes de agua consta de todos aquellos equipos de transferencia de calor cuyo interior está en contacto con el agua o el vapor húmedo objeto de calentamiento y cuyo exterior está en contacto con los gases o refractarios objeto de enfriamiento. Esta superficie se mide del lado que recibe el calor.

Las paredes de agua en el hogar se miden como área proyectada.

Todas las otras superficies de la caldera incluyendo los tubos de la pantalla, se miden en su porción circunferencial y metálica extendida que absorbe calor. Ninguna superficie se incluye en más de una categoría.

El factor de enfriamiento del hogar es el calor neto disponible por pie cuadrado de superficie del hogar.

La superficie del hogar es el área proyectada de los tubos y las superficies metálicas extendidas, del lado del hogar, incluyendo paredes, techo, piso, paredes de partición, paredes colgantes y el área del plano de la salida del hogar, siendo este definido como la entrada al banco de tubos de convección.

Todas las superficies de calefacción citadas en esta propuesta están sujetas a cambio una vez se haga la revisión detallada del diseño, con posterioridad a la adjudicación del contrato.

1. **CALDERA**

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., construyó la caldera con un banco principal de 174.1 metros cuadrados de superficie de calefacción.

2. **DOMOS DE LA CALDERA**

Cada domo de la caldera se soldó a fusión según los requisitos y bajo la inspección de "The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company" y en estricto acuerdo con el Código ASME, Sección 1, especificaciones para recipientes a presión bajo fuego. También se sometido a alivio térmico y revisión con rayos "X", de los cordones de soldadura.

El domo de vapor se fabricó con lámina de acero al carbón de resistencia a la tensión de 4922 Kg/cm²; cada una de sus cabezas lleva una escotilla con puerta abisagrada de 406.4mm. de diametro

Material de los domos de vapor y lodos: Acero al carbón calidad SA 516 Gr 70.

TAMAÑO

Los diámetros, espesores y longitudes de los domos son:

	Diámetro Interno mm	Espesor de Pared mm	Longitud Total Aproximada m
Domo de Vapor	914	19	5.18
Domo de Lodos	609	19	5.18

3. **BOCAS**

DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN	No. Y TAMAÑO	TIPO CLASS
Salida de Vapor	D.V.	Una (1) 6"	E.B. 300
Válvulas de Seguridad	D.V.	Dos (2) ASME	E.B. 300
Alimentación Agua	D.V.	Una (1) 2.0"	E.B. 300
Purga Intermitente	D.L.	Dos (2) 1.5"	EB. 300
Columna de Agua	D.V.	Cuatro (4) 1.5"	ESTL. 3000
Soplador de Hollín (Ciego)D.V.		Una (1) 2.5"	E.B. 300
Regulador Aliment. Agua	D.V.	Dos (2) 1"	ESTL. 3000
Purga Continua	D.V.	Una (1) 1.5"	ESTL. 3000
Purga de Aire	D.V.	Una (1) 1"	ESTL. 3000
Alimentación Químicos	D.V.	Una (1) 0.5"	ESTL. 3000
Muestreo de Vapor	D.V.	Una (1) 0,5"	ESTL. 3000
Manómetro	D.V.	Una (1) 0,5"	ESTL. 3000
Atomización	D.V.	Una (1) 1-1/2"	ESTL 3000

ABREVIATURAS

D.L. Domo de Lodos	E.R. Extremos Roscados
D.V. Domo de Vapor	E.S.T. Extremos Soldados a Tope
E.B. Extremos Bridados	E.S.T.L. Extremos para soldar traslapado

TUBOS Y CABEZALES

1. Los tubos del banco principal de la caldera tienen las siguientes características:

Material: Acero al carbón calidad SA-192
Diámetro exterior: 50.8 mm
Espesor de la pared: 2.66 mm

2. Los extremos de los tubos entran en las láminas de los domos radialmente.
3. Los huecos para los tubos en los domos tienen surcos y sobreperforación al extremo según lo exigen las normas de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.

4. SOPORTES DE LOS DOMOS

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró los apoyos para sostener la caldera de su estructura. El método de soporte está diseñado para permitir libremente las expansiones durante la operación evitando así esfuerzos indebidos de la unidad.

5. TUBERÍAS INTERNAS DE LOS DOMOS

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró las tuberías de alimentación de agua y sustancias químicas y de drenaje que van dentro del Domo de Vapor.

6. CABEZALES DEL HOGAR.

En la parte superior e inferior de las paredes frontal y trasera del hogar, se suministraron cabezales de 8" de diámetro nominal, en material SA 106 B, espesor SCH 80, para recibir los tubos que conforman las paredes frontal y trasera.

PURIFICADOR DE VAPOR

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró e instaló en el tambor de vapor de la caldera un equipo de purificación del vapor.

GARANTÍA DE PUREZA DEL VAPOR

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., garantiza que la calidad del vapor que sale del sistema de purificación es tal que los sólidos totales que arrastra no superan 3 p.p.m. cuando la caldera trabaja a su carga máxima en forma estable y con el nivel de agua normal y siempre y cuando las concentraciones en el agua de la caldera no sobrepasen las recomendadas en la tabla dada según la presión de operación aplicable.

Presión en el Tambor de Vapor Bar(g)	Sólidos Totales PPM	Alcalinidad Total PPM	Sólidos Suspendidos PPM
0 - 20.6	3500	700	15

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., no se responsabiliza por el arrastre como resultado de la presencia de aceite, grasa o materiales espumantes.

Estas garantías no son aplicables si la caldera se opera con alcalinidad excesiva o con agua que contenga aceite, materia orgánica o agentes promotores de espuma.

Las condiciones del agua arriba citadas en ningún caso constituyen una recomendación de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., de como mantener las del agua de la caldera. Como el tratamiento y acondicionamiento del agua de la caldera escapa al control de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., no se le podrá responsabilizar por los daños causados por la presencia de aceite, grasas, suciedad, depósitos en las superficies internas, corrosión o fragilidad cáustica.

Las muestras del agua para las pruebas se tomarán de la purga continua o de un tubo adecuadamente localizado para tal fin y se pasarán por un serpentín de

enfriamiento para prevenir evaporación instantánea. El muestreo y la determinación de las condiciones del agua de la caldera se harán según los métodos contenidos en la Publicación Técnica Especial No 148 de la ASTM.

Las muestras de vapor condensado para la determinación de sólidos se obtendrán según el método que especifique la última edición del PTC 19:11, WATER AND STEAM IN THE POWER CYCLE.

Los sólidos en la muestra del vapor podrán determinarse por cualquiera de los métodos y aceptados en el PTC 19:11.

Cuando se usa el método de conductividad eléctrica para la determinación de los sólidos disueltos, deberá hacerse según el parágrafo 3.3.2 de dicho código. Los gases disueltos en la muestra deben eliminarse tan completamente como sea posible por medios mecánicos y sin añadir contaminantes que puedan aumentar su conductividad. Esta deberá ser luego corregida para compensar los efectos del amoníaco, bióxido de carbono u otros gases residuales y de esta conductividad corregida se calcularán los sólidos disueltos. Como resultado final se tomará el promedio de diez determinaciones hechas a intervalos regulares durante el período de prueba.

Si se usa el método gravimétrico, se aplicará el parágrafo 3.3.4 del mencionado código. Como resultado final del método gravimétrico se tomará el promedio de tres determinaciones hechas de una mezcla compuesta, obtenida durante el período completo de la prueba.

En caso de conflicto entre las partes el único método aceptable para dirimir el caso será el de trazador de sodio descrito en el parágrafo 3.3.3 del código.

Para propósitos de garantía el único método aceptado por COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., es el establecido por el Código ASME PTC 19.11 parágrafo 3.3.3 "Sodium Ión determination of steam purity".

HOGAR

El hogar se construyó del tipo de tubos soldados a aletas. Los tubos se sueldan a los cabezales en tanto que las conexiones de alivio a los domos se aseguran a estos por expansión.

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró todo el material con base a las normas de diseño para que exista una amplia circulación.

El espesor de los tubos, cabezales, alimentadores, bajantes y tubos de alivio se determinaron según las reglamentaciones del Código ASME Sección I.

INFORMACIÓN DE DISEÑO

<u>PARED</u>	<u>D.E. TUBO</u> mm	<u>ESPACIAMIENTO</u> mm <u>DE LOS TUBOS</u>	<u>MATERIAL</u>
Todas	76.2	101.6	SA-178 Gr. A

ECONOMIZADOR

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró para la unidad un economizador cuyos elementos se soportan del cierre lateral.

Los tubos y los cabezales son de los espesores necesarios según las normas del código ASME. Los materiales de los soportes son de aceros de composición apropiadas para las temperaturas presentes.

El suministro va desde la entrada de agua al economizador hasta la salida y el tubo conectante al domo de vapor.

Desvío del circuito Agua.- (By-pass)

DPA suministrará una válvula de tres vías que se ajustará para el desvío del agua al economizador cuando cuando se arranque la caldera con Aceite Liviano.

La válvula de seguridad será del suministro de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.

La tubería de entrada al economizador será de 2,0" de diametro, material SA 106 B.

INFORMACIÓN TÉCNICA

La superficie es la dada en la hoja de Superficies de Calefacción y la disposición se muestra a continuación:

Arreglo	Un paso de gas
Tipo de superficie	Aleteada
Diámetro exterior tubos, pulgadas	2
Material de los tubos	SA-192
Cabezal de entrada, pulgadas	4.5
Cabezal de salida, pulgadas	4.5
Tubo conexión a domo, pulgadas	2

VÁLVULAS Y ACCESORIOS

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró el siguiente conjunto de válvulas y accesorios para la unidad.

VÁLVULAS DE SEGURIDAD

CANT	TAMAÑO	PRESIÓN DE TIMBRE Bar g	LOCALIZACION
Dos (2)	ASME	17,23/17,72	D.V.
Una (1)	ASME	20.68	ECON.

VÁLVULAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA

CANT.	SERVICIO	EXTREMOS	TAMAÑO	PRESION CLASE Lbs
Una (1)	Cierre Econ.	E.B.	2,0"	300
Una (1)	Retención	E.B.	2,0"	300
Dos (2)	Aislamiento	E.B.	2,0"	300
Una (1)	Cierre desv.	E.B.	1,5"	300
Una (1)	Valv. Tres vias (por DPA)	E.B.	2.0"	300

VALVULAS DE PURGA Y DRENAJE

CANT.	LOCALIZACIÓN	EXTREMOS	TAMAÑO	PRESIÓN CLASE Lbs
Dos (2)gr	Domo Lodos	E.B.	1,5"	300
Dos (2)gr	Cab.hogar	E.B.	1,5"	300
Una (1)	Columna Agua	E.S.T.L	0,75"	800
Dos (2)	Nivel visible	E.S.T.L	0,375"	800
Una (1)	Purga Econ.	E.S.T.L	1.0"	800

OTRAS VÁLVULAS Y ACCESORIOS

CNT	SERVICIO	TAMAÑO	PRESIÓN	
			EXTREMO	CLASE Lbs
Una(1)	Cierre Globo	6"	E.B.	300
Una(1)	No retorno	6"	E.B.	300
Una(1)	Cierre químicos	0,5"	E.S.T.L.	600
Una(1)	Retención quím	0,5"	E.S.T.L.	600
Una(1)	Aireación domo	1"	E.S.T.L.	600
Una(1)	Purg.cont.cierr	1.5"	E.S.T.L.	600
Una(1)	Muestreo vapor	0,5"	E.S.T.L.	600
Una(1)	Sop.Holl.Cierre	2,5"	E.B.	300
Una(1)	Cierre man.domo	0,5"	E.S.T.L.	600
Dos(2)	Regulador nivel	0,75"	E.S.T.L.	600
Una(1)	Atomización	1-1/2"	E.S.T.L.	600

Manómetro Ashcroft 215.9mm dial (0- 21 Bar) Domo de vapor. Con indicación de zona de operación normal.

COLUMNAS DE AGUA, NIVELES VISIBLES Y ACCESORIOS

- Una (1) Columna de Agua Reliance W 250 EA-5
- Dos (2) Juego de Válvulas Reliance 404 RS
- Dos (2) Nivel P3005 BI-COLOR con Iluminador
- Una (1) Alarma de Nivel EA-5. Alarmas por alto y bajo nivel. Corte de combustible por bajo nivel y por alto nivel.

EQUIPO DE COMBUSTIÓN

DPA COLOMBIA LTDA, suministró directamente el quemador requerido para la caldera.

Las características básicas del quemador suministrado son:

Marca:	OERTLI INDUFLAME
Combustible Principal:	GAS NATURAL
Combustible Alternativo:	ACEITE LIVIANO (FO2) (ACPM)
Ventilador:	TIPO TIRO FORZADO CON MOTOR ELECTRICO
Seguridades:	INCLUIDO CON TODOS SUS COMPONENTES
Atomización:	CON VAPOR Y AIRE
Analizador de Oxígeno:	INCLUIDO
Alarmas:	INCLUIDO

Tren de Válvulas para combustible:	PARA GAS NATURAL Y ACEITE LIVIANO, CON TODOS SUS COMPONENTES
------------------------------------	--

DUCTOS DE GAS

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró los ductos de gas de la salida de caldera al Economizador y de éste hasta interconectar con el ducto de gases de conducción existente hasta la chimenea.

Los ductos se fabricaron en acero al carbón calidad SA 36, espesor 3/16", de construcción soldada y juntas de campo brindadas. Se suministró juntas de expansión donde se necesitó.

Los ductos de gas se dimensionarán para una velocidad de 12,7 m/seg.

DUCTO DE GAS	De la caldera al Economizador
--------------	-------------------------------

AISLAMIENTO Y CIERRE EXTERIOR

El aislamiento y el cierre exterior son los adecuados para disposición de paredes soldadas.

1. El cierre periférico de los pasos de radiación y convección son paredes soldadas; estas son tableros de tubos adyacentes soldados entre si en forma continua por medio de aletas. Estas paredes se cubrieron exteriormente con aislamiento.
2. Los tubos del techo y piso del hogar se disponen en forma análoga a la descrita en el punto 1.
3. En los sitios donde hay cambio de una zona en que la pared es de aletas integrales a una en que los sellos son de lámina, se hizo por medio de aletas interrumpidas periódicamente.

Se suministró todos los refractarios de forma especiales según lo estipule el diseño.

4. COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró para la unidad los materiales aislantes de las siguientes superficies:

Tambores
Partes expuestas de los alimentadores de las paredes de agua
Ductos de gases .
Economizador

5. El aislamiento que se utilizó fue de lana mineral, aislamiento en bloque, o combinación de ambos según lo dictan las normas de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.

El mínimo espesor de los aislamientos es como se indica a continuación.

Límites de Temperatura °C			Espesor de Aislamiento. mm
Hasta a	204		51
205 a	259		63
260 a	315		76
316 a	370		89
371 a	481		102
482 a	592		114
593 a	704		127

6. Se suministró ladrillos refractarios en todos los sitios donde el diseño lo requiere.

7. El acabado final es como sigue:

Las paredes laterales, trasera y techo de la unidad se cubrieron con lámina acanalada de aluminio de 1mm de espesor.

8. Se colocaron puertas de acceso y observación como se indica enseguida.

Una (1) puerta de observación 101x140 mm en la pared lateral del hogar.

Una (1) puerta de observación 101x140 mm en la pared trasera del hogar.

Una (1) de acceso 406"mm , pared lateral del hogar, hacia el frente de la caldera

ACERO ESTRUCTURAL

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró el acero estructural necesario para soportar el equipo y sus componentes.

El acero estructural se diseñó según las normas del A.I.S.C. Las conexiones de campo serán para atornillar o soldar, a opción de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.

OTROS SUMINISTROS A CARGO DE DPA COLOMBIA LTDA

Estará a cargo de DPA COLOMBIA LTDA, el suministro de las partes complementarias que requiere la caldera para su buena operación, estas son:

- Plataformas y escaleras de acceso a los diferentes sitios de la caldera
- Chimenea
- Bombas para alimentación de agua a la caldera
- Panel de potencia eléctrica para la caldera.

SISTEMA DE CONTROL

La instrumentación y sistema de control fue suministrado por DPA COLOMBIA LTDA, bajo la asesoría de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A, realizó el diseño, selección y la estrategia de control requerido para la operación de la caldera.

Adicionalmente se diseñó la estrategia para la integración de los controles de la parte de presión de la caldera con los controles y seguridades del quemador.

La instrumentación y controles se integran básicamente por los siguientes elementos:

Instrumentación de Campo: (POR DPA COLOMBIA LTDA)

Los equipos de instrumentación de campo a suministrar con la caldera, son:

- Un (1) transmisor de presión para el desaireador. (PIT-FDW-23)
- Un (1) transmisor de presión sobre la línea de aliment.de agua (PIT-BFW-01)
- Un (1) transmisor de presión en el domo de vapor. ((PIT-LPS-19)
- Un (1) transmisor de presión en la línea para gas natural.
- Un (1) transmisor de nivel para el domo superior. (LIT-LPS-04)
- Un (1) transmisor de nivel en el desaireador.(LTI-BFW-22)

- Un (1) transmisor de flujo de aire de combustión (FIT-CA-01)
- Un (1) transmisor de presión aire de combustión. (PIT-FLUEG-10)
- Un (1) transmisor de presión para el hogar de la caldera. (PIT-FLUEG-09)
- Un (1) transmisor de presión para los gases salida de la caldera. (PIT-FLUEG-11)

- Un (1) transmisor de flujo línea alimentación gas natural. (FIT-FUG-01)
- Un (1) transmisor de flujo línea agua de alimentación a la caldera. (FIT-BWF-03)
- Un (1) transmisor de flujo línea salida de vapor de la caldera. (FIT-LPS-05)
- Un (1) transmisor de flujo en la línea de combustible FO2, tipo másico.

Sensores de temperatura tipo RTD, con su respectivo termopozo, ubicados en los siguientes puntos:

- Temperatura agua de alimentación. (TIT-BWF-17)
- Temperatura agua a la salida del economizador.(TIT-BWF-18)

Temperatura a la salida del vapor.
Temperatura de los gases a la entrada del economizador.
Temperatura de los gases a la salida del economizador.(TIT-FLUEG-03)

Un (1) sensor de conductividad en la línea de purga continua (CIT-LPS-01)

Suministro por **COLMAQUINAS** para complementar la instrumentación. Un
(1) analizador de oxígeno (O2-FLUEG-01)
Una (1) válvula de control para alimentación de agua a la caldera.(LV-BWF-02)
Una (1) válvula de control para alimentación de combustible gas natural.
Una (1) válvula de control para alimentación del combustible FO2.
Una (1) válvula de control para la purga continua. (CV-BLDN-08)
Una (1) válvula de control para Atomización.

Sistema de Control: (POR DPA COLOMBIA LTDA)

Los equipos a suministrar para el control son básicamente los siguientes

- PLC de la familia S7300 - Siemens
- Módulos de Entradas y salidas análogas y digitales según corresponda - Siemens
- Panel Operador OP - Siemens
- Conectores PG-Fast Connect - Siemens
- Cable de Comunicación Profibus - Siemens
- Fuente a 5Amp. 110Vdc. – Siemens
- Módulos de Comunicaciones de Racks – Siemens
- Rieles para S7300 – Siemens
- Un (1) gabinete para alojar la unidad de control central
- Cuadro configuración del sistema

LIMITES DE SUMINISTRO

COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., suministró el equipo descrito en estas Especificaciones, dentro de los siguientes límites.

1. VAPOR PRINCIPAL
Hasta la salida de la válvula de no-retorno.
2. VENTEOS
En la salida de las correspondientes válvulas.
3. AGUA DE ALIMENTACION
En las válvulas de entrada al economizador.
4. COMBUSTIBLES
Quemadores OERTLI INDUFLAME y líneas de combustible suministrados por DPA.
5. ELECTRICIDAD
5.1 Se limita al suministro de los motores eléctricos. (No se incluyen los arrancadores, ni cables, ni panel de fuerza, ni iluminación, ni ningún otro accesorio eléctrico).
6. DRENAJE Y PURGA CONTINUA
Los drenajes y la purga continua en la respectiva válvula de salida, localizadas a 1m (3.28 ft) de la caldera.
7. ALIMENTACIÓN DE QUÍMICOS
En las válvulas de entrada de químicos localizadas a 1m (3.28 FT) del tambor de vapor.
8. AGUA DE ENFRIAMIENTO
Por otros
9. AIRE PARA CONTROLES
Deberá ser suministrado por El Comprador seco y filtrado a 1m (3,28ft) de la caldera.
10. CONTROLES
A cargo de DPA COLOMBIA LTDA, con supervisión de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.

11. AIRE DE ENFRIAMIENTO, AIRE DE SELLO
En la conexión de entrada de las puertas de observación, o quemadores que lo requieran.
12. LÍNEA DE MUESTREO DE VAPOR
En la salida de la válvula de muestreo de vapor localizada en el tambor de vapor.
13. LÍNEA DE ESCAPE DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD
En la salida de la propia válvula
14. AISLAMIENTOS Y CUBIERTAS
Solamente para el equipo suministrado por COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A. que lo requiera y que específicamente se haya señalado en la propuesta.
15. BRIDAS Y ORIFICIOS
A cargo de DPA COLOMBIA LTDA, con supervisión de COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.
16. MISCELÁNEOS
 - 16.1 El Comprador suministrará sin ningún costo para COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A., agua, electricidad y espacio de almacenamiento durante el montaje si COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A. lo ejecuta.
 - 16.2 Cualquier material, línea o equipo no mencionado en la propuesta o incluido dentro de estos límites de suministro no será suministrado ni montado por COLMAQUINAS CONSTRUCCIONES S.A.